

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología III (Medicina y Cirugía Bucofacial)



TESIS DOCTORAL

Eficacia del uso coadyuvante del láser de Er:Yag en el tratamiento no quirúrgico de la periodontitis crónica

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ignacio Sanz Sánchez

Director

David Herrera González

Madrid, 2016



Departamento de Estomatología III
Facultad de Odontología
Universidad Complutense de Madrid

**EFICACIA DEL USO COADYUVANTE DEL LÁSER DE ER:YAG EN EL
TRATAMIENTO NO QUIRÚRGICO DE LA PERIODONTITIS CRÓNICA**

Ignacio Sanz Sánchez

Tesis Doctoral

Dirigida por: Prof. Dr. D. David Herrera González

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que han participado directa e indirectamente en la realización de este trabajo por su apoyo y ayuda incondicional.

En primer lugar a mi padre, el Profesor Mariano Sanz Alonso por haberme guiado en cada uno de los pasos que he dado en la profesión, por haberme inculcado la pasión que despierta en mí la periodoncia y por haberme brindado la oportunidad de participar en este proyecto de investigación.

También me gustaría agradecer a cada una de las personas que ha participado activamente en este proyecto:

Prof. David Herrera González,

Como director de tesis por haberme apoyado, ayudado y guiado durante el desarrollo del proyecto, tanto en los momentos buenos como en los malos. También por haberme enseñado tantas cosas y por darme la oportunidad de participar activamente en los cursos de Formación Continua de la Complutense y de la Sociedad Española de Periodoncia.

Dr. Alberto Ortiz-Vigón,

Como compañero de este proyecto de investigación, pero sobre todo como amigo, por haberme ayudado durante todos estos años. Por ser tan generoso y ofrecerte la mejor sonrisa y tenderte la mano en los momentos más duros.

A Itziar González y Ana O'Connor por haber hecho un trabajo fantástico en todo el análisis microbiológico.

Quiero agradecer también a todos los profesores que han contribuido a mi formación durante todos estos años, en especial al Dr. Fabio Vignoletti, Prof. Juan Blanco, al Dr. Ion Zabalegui, al Dr. Federico Herrero y a la Prof. Berta Legido.

Debo hacer una mención especial a la Universidad Complutense de Madrid, por haberme otorgado una beca pre-doctoral para la Formación del Profesorado Universitario.

Hay una serie de personas a las que me gustaría agradecer su apoyo prestado:

A mi madre por haber estado siempre a mi lado, animándome a superarme y a ser cada día mejor persona y mejor profesional.

A mis hermanos Jaime, Guillermo y Mariano, sin los que yo no sería lo que soy hoy.

A Conchita, porque siempre me ayuda de manera incondicional cuando se lo he pedido.

A Nicola, por haber sido mi compañero durante todos estos años, pero sobre todo por ser mi gran amigo y por haberme enseñado tantas cosas, tanto de la periodoncia como de la vida misma.

A mis amigos del Logos, por todos esos momentos que no he podido compartir con vosotros...pero nunca habéis dejado de apoyarme.

A los Profesores Frank Schwarz y Anton Sculean por haberme guiado en el uso del láser de Er:YAG.

Mis últimas palabras son para Ana. Sin su amor, sin su ayuda y sin su paciencia nada de esto tendría sentido. Por enseñarme tantas cosas y aconsejarme en cada paso importante de mi vida.

PREFACIO

La presente tesis doctoral está basada en los tres siguientes artículos:

Artículo 1. Sanz I., Alonso B., Carasol M., Herrera D., Sanz M. (2012) Nonsurgical treatment of periodontitis. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 12 (S1): 76-86.

Artículo 2. Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Matos R., Herrera D., Sanz M. (2015a) Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment in patients with chronic periodontitis: a randomised clinical trial. *Journal of Periodontology* 86: 527-535.

Artículo 3. Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Herrera D., Sanz M. (2015b) Microbiological effects and recolonisation patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser. *Clinical Oral Investigations* DOI: 10.1007/s00784-015-1617-y.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Resumen | 7 |
| II. | Introducción | 9 |
| | 1. Periodontitis: conceptos generales y etiología. | |
| | 2. Tratamiento periodontal no-quirúrgico. | |
| | 3. Modificaciones de la terapia convencional. | |
| | 4. Láseres en el tratamiento periodontal | |
| III. | Justificación | 24 |
| IV. | Hipótesis | 26 |
| V. | Objetivos | 27 |
| VI. | Material y Métodos. Resultados | 28 |
| | Estudio 1: Sanz I., Alonso B., Carasol M., Herrera D., Sanz M. (2012) <i>Nonsurgical treatment of periodontitis. Journal of Evidence Based Dental Practice</i> 12 (S1): 76-86. | |
| | Estudio 2: Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Matos R., Herrera D., Sanz M. (2015a) <i>Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment in patients with chronic periodontitis: a randomised clinical trial. Journal of Periodontology</i> 86: 527-535. | |
| | Estudio 3: Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Herrera D., Sanz M. (2015b) <i>Microbiological effects and recolonisation patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser. Clinical Oral Investigations</i> . DOI: 10.1007/s00784-015-1617-y. | |
| VII. | Discusión | 33 |
| VIII. | Conclusiones | 51 |
| IX. | Referencias | 52 |
| X. | Figuras y tablas | 63 |
| XI. | Anexo: Resumen en inglés | 73 |

I. RESUMEN

Antecedentes. El tratamiento periodontal no quirúrgico (raspado y alisado radicular) ha mostrado ser efectivo en el tratamiento de las periodontitis crónicas iniciales o moderadas. Sin embargo, las técnicas convencionales por medio de curetas y/o dispositivos automáticos (tipo ultrasonidos) tienen ciertas limitaciones, especialmente en los casos de enfermedad más avanzada y en las zonas de difícil acceso al desbridamiento mecánico del biofilm. En este contexto, la tecnología del láser se ha desarrollado y aplicado en el campo de la Periodoncia para tratar de solventar estos problemas y puede ser una alternativa de tratamiento al raspado y alisado radicular convencional.

Objetivos. Los objetivos de esta serie de trabajos fueron analizar y actualizar los conocimientos actuales de las modificaciones de la terapia convencional en el tratamiento no-quirúrgico de la periodontitis crónica (Estudio 1), evaluar la eficacia clínica de un nuevo protocolo de tratamiento periodontal que incluía el láser de Er:YAG como sistema de desbridamiento mecánico (Estudio 2) y evaluar el efecto microbiológico y los patrones de recolonización de esta modalidad de tratamiento (Estudio 3).

Material y métodos. Resultados.

Estudio 1. Para el primer objetivo se revisaron los ensayos clínicos aleatorizados publicados entre 2010 y 2012 y se observó que el tratamiento periodontal no-quirúrgico es efectivo en el tratamiento de los pacientes periodontales, independientemente del instrumento o de la modalidad de tratamiento empleados. Aunque cada día aparecen en el mercado nuevas tecnologías, pocas han sido correctamente evaluadas con investigación clínica de calidad. En términos generales, las diferentes alternativas al tratamiento convencional han mostrado una eficacia clínica similar. Sin embargo, en algunos casos, estos avances terapéuticos han demostrado una mejora en las variables relacionadas con el paciente y en el coste-beneficio. Al analizar críticamente la literatura sobre las nuevas tecnologías que aparecen como alternativa al tratamiento periodontal no-quirúrgico convencional, los láseres son los que más se están estudiando. En este contexto, el láser de Er:YAG es el que más se ha evaluado por su capacidad de desbridar el cálculo y el biofilm subgingival, aunque los resultados en términos de eficacia clínica y microbiológica son

contradictorios, ya sea al emplearse como único tratamiento o como coadyuvante a las curetas y/o dispositivos automáticos.

Estudios 2 y 3. Por lo expuesto anteriormente, se diseñó y se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado en el que se trató de evaluar un nuevo protocolo de tratamiento que combinaba una sesión de raspado y alisado radicular de toda la boca con ultrasonidos y el uso del láser de Er: YAG, una semana después, en las localizaciones con una profundidad de sondaje inicial $\geq 4,5$ mm. Los resultados se compararon con un protocolo de tratamiento convencional en el que se realizó el raspado de toda la boca con ultrasonidos en dos sesiones separadas por una semana en pacientes con periodontitis crónica inicial o moderada, doce meses después del tratamiento. La eficacia se evaluó en términos de la respuesta clínica (Estudio 2) y microbiológica (Estudio 3). En general, ambas modalidades de tratamiento resultaron en una mejora clínica estadísticamente significativa, aunque el grupo experimental mostró un menor porcentaje de localizaciones con profundidad de sondaje $\geq 4,5$ mm a los 12 meses (17,44% en el grupo experimental versus 22,83% en el grupo control; $p=0,004$) y tendencia a un menor porcentaje de localizaciones $\geq 4,5$ mm con sangrado al sondaje (9,78% versus 12,69%, respectivamente; $p=0,052$). En cuanto a los cambios microbiológicos, el impacto de ambas modalidades de tratamiento en las bacterias totales y en la frecuencia de detección de las principales bacterias periodontopatógenas fue limitado y similar. La única diferencia entre el grupo experimental y el control se encontró para la reducción de la profundidad de sondaje de las localizaciones en las que se tomó muestra microbiológica, con mejores resultados para el grupo del láser.

Conclusiones. Tras el análisis de los tres estudios, puede decirse que el láser de Er:YAG puede ser una alternativa al tratamiento periodontal no-quirúrgico convencional. Sin embargo, es importante evaluar el coste-beneficio de esta técnica.

PALABRAS CLAVE: periodontitis, desbridamiento subgingival, láser de Er:YAG, microbiota.

II. INTRODUCCIÓN

1. Periodontitis: conceptos generales y etiología

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria crónica, de naturaleza infecciosa, causada por una microbiota polimicrobiana compleja, que lleva a la destrucción de los tejidos periodontales en el individuo susceptible como consecuencia de la ruptura de la homeostasis entre esa microbiota subgingival y las defensas del huésped (Sanz y Van Winkelhoff, 2011). Si no se trata adecuadamente, la enfermedad puede progresar y llevar a la pérdida dentaria, con las consiguiente morbilidad desde el punto de vista estético y funcional (Konig et al., 2010).

Además de las consecuencias mencionadas a nivel bucodental, la importancia de la periodontitis se ve aumentada por sus posibles repercusiones sistémicas. La exposición crónica a los mediadores de la inflamación que sufre un paciente con periodontitis puede repercutir sobre ciertas enfermedades sistémicas y viceversa. Se han propuesto tres posibles mecanismos de cómo la periodontitis puede influir sobre esta asociación: infecciones metastásicas (a distancia) a través de bacteriemias repetidas, inflamación sistémica (y sus mediadores) e inmunidad adaptativa (Van Dyke y van Winkelhoff, 2013). Las revisiones narrativas y sistemáticas que se han realizado hasta la fecha sugieren que las enfermedades periodontales son predictores independientes de varias condiciones sistémicas, como las enfermedades cardiovasculares (Tonetti et al., 2013), la diabetes (Chapple et al., 2013), los partos de bajo peso y prematuros (Sanz et al., 2013), la artritis reumatoide y el cáncer (Linden et al., 2013). Esta asociación deriva de estudios epidemiológicos, principalmente retrospectivos, y estudios animales que han evaluado los mecanismos potenciales (plausibilidad biológica). Incluso, en algunas asociaciones como la diabetes y los resultados adversos del embarazo, se dispone de ensayos clínicos aleatorizados de intervención.

Las cifras de prevalencia de la periodontitis son elevadas y varían de unas poblaciones a otras. En uno de los últimos estudios epidemiológicos, llevado a cabo en los Estados Unidos en una población de más de 3700 individuos, el 47% tenían periodontitis, siendo alrededor del 80% formas moderadas o avanzadas de la enfermedad (Eke et al. 2012). En cuanto a las cifras en España, se está viendo una reducción en el Índice Periodontal Comunitario en adultos jóvenes con el paso de los años. No obstante, los datos muestran

como un 25% de los adultos jóvenes (35-44 años) tienen pérdida de inserción de 4-5 mm y, más de un 5%, mayores o iguales a 6 mm (Llodra Calvo et al., 2012).

El modelo actual para explicar la patogénesis de la periodontitis se basa en el desarrollo de una respuesta inflamatoria e inmune frente a la invasión bacteriana, responsable de los cambios en el metabolismo del tejido conectivo y del hueso. Estos cambios son los que van a llevar a la destrucción de los tejidos periodontales. Sin embargo, esta ruta patogénica va a estar modulada por distintos factores de riesgo sistémicos y medioambientales que van a definir la susceptibilidad individual y la progresión de la enfermedad (Van Dyke, 2007; Kinane y Bartold, 2007; Haffajee y Socransky, 2006).

Aunque las bacterias no son, per se, las responsables de los cambios destructivos que caracterizan las periodontitis, son esenciales para el desarrollo de la respuesta antigénica que desencadena y perpetúa los cambios inflamatorios crónicos que destruyen los tejidos. Estas bacterias están organizadas en comunidades altamente estructuradas (biofilms) adheridas a las estructuras dentales y próximas al margen gingival y son capaces de resistir a la acción física o a los cambios medioambientales que acontecen durante la práctica de la higiene oral o del uso de agentes antimicrobianos (Slots, 1977; Slots, 1999; Stoodley et al., 2002).

Aunque existe controversia entre el papel que tienen, en la etiopatogenia de la enfermedad, bacterias específicas frente a un mero incremento en el número de patógenos en el biofilm, hay suficiente evidencia de que ciertos patógenos específicos que residen en el biofilm subgingival poseen una serie de factores de virulencia que pueden facilitar la ruptura de las barreras naturales de los tejidos, la evasión de los mecanismos de defensa de la respuesta inmune del huésped y la estimulación directa de las cascadas metabólicas que llevan a la destrucción del tejido conectivo y del hueso (Socransky et al., 1979; Vernal et al., 2014a; Vernal et al. 2014b). Dentro de estas especies bacterianas específicas, existen tres que se han asociado de manera fuerte con la periodontitis, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivales* y *Tannerella forsythia*.

2. Tratamiento periodontal no-quirúrgico

El objetivo principal del tratamiento periodontal es preservar la dentición natural. Para ello, es necesario frenar el proceso inflamatorio crónico que resulta en la pérdida de

inserción periodontal, de hueso alveolar y en la formación de bolsas periodontales. Aunque la periodontitis es una enfermedad multi-factorial, se ha demostrado un papel claro de las bacterias en la etiopatogenia de la enfermedad y, por consiguiente, el tratamiento de la periodontitis tiene que estar encaminado a eliminar o reducir significativamente el biofilm (Slots y Ting, 1999).

En las últimas tres décadas se han realizado numerosos avances científicos que han ayudado a aumentar el entendimiento sobre las enfermedades periodontales, desde el punto de vista celular al molecular, e incluso al genético (Page y Kornman, 1997; Page et al., 1997; Yoshinari et al., 2004). Sin embargo, a pesar de los avances en la comprensión de la etiopatogenia de la enfermedad y de los factores que influyen en su progresión, los procedimientos tradicionales para desbridar los depósitos bacterianos de las superficies radiculares y la eliminación de los factores que favorecen su acúmulo sigue siendo parte integral del tratamiento de las periodontitis. De hecho, el desbridamiento mecánico de la raíz ha mostrado conseguir una mejoría en la salud gingival y ser capaz de detener la progresión de la pérdida de inserción y, consiguientemente, reducir significativamente la pérdida dentaria (Axelsson y Lindhe, 1978; Knowles et al., 1979; Lindhe y Nyman, 1984). En este trabajo, se utilizará el término “desbridamiento” para referirse en general a todas las técnicas de instrumentación subgingival, independientemente de su naturaleza (raspado, alisado, ultrasónico, láser...). Aunque no es correcto en español, se ha decidido usar este término por la similitud con la terminología en inglés (“debridement”).

El tratamiento de referencia de la mayor parte de las periodontitis crónicas es el raspado y alisado radicular (RAR), que permite eliminar mecánicamente el biofilm subgingival y despegar el cálculo de las raíces afectadas, dejando unas superficies limpias y lisas. Esta técnica necesita ser suplementada con la participación activa del paciente mediante medidas estrictas de higiene oral que prevengan la recolonización bacteriana y la formación del biofilm supragingival.

El desbridamiento se realiza de manera convencional con instrumentos manuales (curetas y hoces) y en varias visitas (por cuadrantes o sextantes). Su eficacia está suficientemente contrastada, tanto en revisiones narrativas (Cobb, 1996; Adrians y Adrians, 2004; Suvan, 2005) como sistemáticas (van der Weijden y Timmerman, 2002; Hallmon y Rees, 2003), obteniendo cambios significativos en la ganancia de niveles de inserción clínica (NIC), en la reducción de la profundidad de sondaje (PS) y en los porcentajes de sangrado al sondaje (SaS). El RAR obtiene resultados significativa y clínicamente superiores si se compara con

no realizar tratamiento, con las instrucciones de higiene oral o con la profilaxis supragingival, y va a permitir controlar la mayor parte de las periodontitis, especialmente las formas iniciales y moderadas (Heitz-Mayfield et al., 2002). En este contexto, el RAR es capaz de mejorar significativamente los NIC, entre 0,55 y 1,29 mm, y de reducir significativamente la PS entre 1,29 y 2,16 mm (Cobb, 1996).

En la actualidad, se está dando mucha importancia a las variables relacionadas con el paciente (dolor, molestias postoperatorias, inflamación después del procedimiento, satisfacción general, etc.), por lo que es fundamental entender las diferencias que existen entre los conceptos de efecto, eficacia, efectividad y eficiencia (Suvan, 2005). *Efecto* es la asociación que existe entre una intervención y las variables respuesta, o el estadístico empleado para resumir la fuerza de una asociación observada. *Eficacia* es la extensión en la que una intervención puede producir una respuesta beneficiosa bajo circunstancias ideales. *Efectividad* es la extensión en la que una intervención (tratamiento, diagnóstico, prevención, educación, etc.) puede producir una respuesta beneficiosa bajo las circunstancias ordinarias del día a día. *Eficiencia* es la extensión en la que el balance entre puntos de entrada (esfuerzo o costes) y salida (variables respuesta, incluidos beneficios y efectos adversos) representa un valor para los gastos necesarios (dinero, recursos, tiempo, esfuerzo). En este contexto, disponemos de suficiente evidencia para demostrar que el RAR tiene un efecto importante sobre la periodontitis y es eficaz en su tratamiento (Cobb, 1996; Adriaens y Adriaens, 2004). Sin embargo, disponemos de pocos datos de cómo relacionar los resultados con la práctica clínica diaria (efectividad y eficiencia), tanto a nivel de la población como de la intervención y de su respuesta (Figura 1).

Por otro lado, el efecto de los resultados va a depender de ciertos factores que, a su vez, van a determinar las limitaciones que existen con esta técnica. Entre estos, caben destacar:

- Severidad inicial de la enfermedad. Existe una relación directamente proporcional entre el grado de severidad de la enfermedad y el efecto del tratamiento, de modo que cuanto mayor sea la PS inicial, vamos a obtener una mayor reducción de PS y una mayor ganancia de NIC (Hung y Douglas, 2002). Se puede esperar que en bolsas ≤ 3 mm haya una reducción de la PS de 0,24 mm (intervalo de confianza (IC) 95%: 0,11-0,36) y una ganancia de NIC de 0,05 mm (IC 95%: -0,08-0,18), aunque es probable que en estas localizaciones se experimente pérdida de inserción; en bolsas de 4 a 6 mm, una reducción de la PS de 1,02 mm (IC 95%: 0,8-1,24) y una ganancia de NIC de 0,53 mm (IC 95%: 0,31-0,76); y en bolsas ≥ 7 mm, una reducción de la PS

de 1,98 mm (IC 95%: 0,66-2,29) y una ganancia de NIC de 1,14 mm (IC 95%: 0,83-1,46). Sin embargo, a su vez hay que entender que cuanto mayor sea la PS inicial, más dificultades va a haber para eliminar correctamente todo el biofilm y el cálculo subgingival, por lo que podría ser necesario un tratamiento más avanzado que permita acceder correctamente a las localizaciones con bolsas más profundas, como es la cirugía periodontal (Brayer et al., 1989 ; Buchanan y Robertson, 1987).

- Tipo de instrumento. De manera tradicional, el RAR se realiza con instrumentos manuales (curetas y hoces) y/o con dispositivos automáticos (generalmente, ultrasónicos o sónicos). Cuando se han comparado ambos instrumentos no se ha visto diferencia entre ambos para ninguna de las variables respuesta (Walmsley et al., 2008; Hallmon y Rees, 2003; Tunkel et al., 2002), excepto que los sistemas automáticos son más rápidos y, por lo tanto, más eficientes (Tunkel et al., 2002).
- Experiencia del operador. La técnica de RAR requiere una curva de aprendizaje importante y un entendimiento de la compleja anatomía radicular y de sus variaciones. Es por ello que la experiencia del operador puede estar relacionada con la magnitud del efecto clínico (Brayer et al. 1989)
- Factores anatómicos. La capacidad de eliminar correctamente todo el biofilm y el cálculo se va a ver limitada por diversos factores anatómicos, como son las lesiones de furca, los surcos profundos, los defectos intra-óseos, las bolsas muy profundas y los sectores posteriores (Waerhaugh, 1978). Todas estas condiciones anatómicas pueden limitar la magnitud del efecto y la eficacia del RAR, pudiendo ser necesaria la cirugía periodontal.
- Factores relacionados con el paciente, como son el tabaco y su incorporación a un correcto programa de control de placa. Los pacientes fumadores, además de tener una mayor prevalencia y severidad de periodontitis, van a experimentar un menor efecto del RAR para la reducción de la PS (Labriola et al., 2005), por lo que es un factor que puede limitar los resultados de la técnica. Además, los pacientes que no sigan un correcto programa de control de placa tienen mayor riesgo de recidiva de la enfermedad, de pérdida de dientes y de desarrollo de nuevas superficies con caries (Axelsson y Lindhe, 1981).

El impacto del tratamiento periodontal no quirúrgico en los cambios de la microbiota subgingival y en los patrones de recolonización de estos nichos se ha revisado detenidamente (Petersilka et al., 2002). Se ha demostrado que el RAR puede reducir hasta un 99% los recuentos totales de bacterias inmediatamente después de realizar el desbridamiento, pero la erradicación completa no es posible por las limitaciones que tiene la técnica en su capacidad de eliminar correctamente todo el biofilm y el cálculo (Brayer et al., 1989; Buchanan y Robertson, 1987; Waerhaugh, 1978) y por el hecho de que las bacterias pueden residir en otros tejidos blandos (Cugini et al., 2000; Haffajee et al., 1997; Takamatsu et al., 1999) o en irregularidades de la superficie radicular y en los túbulos dentinarios (Adriens et al., 1988). Sin embargo, la reducción de estos niveles bacterianos es muy limitada en el tiempo y la recolonización comienza pocos minutos después del tratamiento, alcanzándose niveles similares a los de antes del desbridamiento, apenas en 3 a 7 días (Harper y Robinson, 1987). No obstante, los cambios inducidos en la composición de la microbiota duran más tiempo. En este contexto se ha observado una reducción significativa después del tratamiento en los recuentos medios, en la prevalencia y en la proporción de especies bacterianas periodonto-patógenas como *P. gingivalis*, *T. forsythia* y *Treponema denticola* (Cugini et al., 2000; Pedrazzoli et al., 1991). Por el contrario, en la dinámica del proceso de recolonización, se aprecia un aumento en las proporciones medias de otras especies no periodonto-patógenas, como son *Actinomyces* spp., *Veillonella parvula*, *Capnocytophaga* spp. y estreptococos no periodonto-patógenos. La recolonización temprana por estas bacterias no periodontales puede inhibir la colonización de los periodonto-patógenos, obteniéndose una respuesta clínica y microbiológica deseable. El tiempo necesario para que la recolonización alcance los mismos niveles de recuentos totales y proporción de la microbiota subgingival que antes del tratamiento depende de la severidad de la enfermedad y de la meticulosidad del desbridamiento, con la consiguiente terapia de mantenimiento. Así mismo, el modo de tomar las muestras y de analizar las bacterias pueden influir de manera significativa en las variables de estudio (Mousques et al., 1980; Sbordone et al., 1990). Además, la recolonización se puede ver influenciada por la presencia de otros nichos ecológicos distintos a las bolsas periodontales, como el dorso de la lengua, la saliva o las mucosas, donde el RAR tiene un efecto nulo o escaso (Danser et al., 1990; von Troil-Linden et al., 1997). Por todo ello, son esenciales una re-instrumentación y desbridamiento mecánico para prevenir que los patógenos periodontales de la placa subgingival vuelvan a valores similares a los de antes del tratamiento. Esto pone de manifiesto la importancia de instaurar un correcto plan de mantenimiento periodontal que incluya el desbridamiento subgingival de las bolsas mayores de 3 ó 4 mm.

3. Modificaciones de la terapia convencional

La terapia convencional del RAR se ha modificado con el fin de tratar de mejorar los resultados clínicos y la capacidad de acceso a desbridar correctamente todas las superficies radicales, incluso en las zonas donde la técnica convencional tiene más limitaciones. Estas modificaciones se pueden aplicar a varios niveles: mejorando los instrumentos manuales, nuevos desarrollos en los dispositivos automáticos existentes, desarrollo de nuevos protocolos de actuación, uso de tratamientos coadyuvantes y uso de nuevas tecnologías.

Mejora de los instrumentos manuales

En cuanto a la forma y tamaño de los instrumentos, las curetas se han diseñado para alcanzar una inserción subgingival con el mínimo trauma, para llegar al fondo de la bolsa con la mínima distensión de los tejidos blandos, para alcanzar una correcta adaptación de los bordes a las superficies curvas y para conseguir una mayor sensibilidad táctil. En este contexto, se han modificado las curetas convencionales, con tallos más largos, puntas activas más pequeñas y curvaturas más marcadas (ejemplo: After Five®, Hu-Fiedy, Chicago, E.E.U.U.), Mini Five® (Hu-Fiedy, Chicago, E.E.U.U.), Curvette® (Hu-Fiedy, Chicago, E.E.U.U.)), para acceder a bolsas profundas, estrechas, furcas y a las líneas ángulo de las superficies radicales. Pese a que el tamaño de la longitud del tallo y de la punta activa pueden influir en la capacidad que tenemos de entrada a zonas de difícil acceso como las furcas (dos Santos et al., 2009), no hay disponibles estudios clínicos que hayan encontrado una mejor respuesta al tratamiento en comparación a los instrumentos manuales convencionales.

Nuevos desarrollos en los dispositivos automáticos existentes

Del mismo modo que con las curetas, las puntas de los dispositivos automáticos se diseñan para alcanzar una inserción subgingival con el mínimo trauma, para llegar al fondo de la bolsa con la mínima distensión de los tejidos blandos, para alcanzar una correcta adaptación de la punta a todas las superficies y para producir una menor sensibilidad dentinaria mediante un sistema de control de la frecuencia de vibración, en función de la presión ejercida contra la superficie radicular o los tejidos blandos (Piezon® No Pain, EMS, Nyon, Suiza). También se han modificado el grosor, curvatura y material para conseguir un mejor acceso a las zonas de compromiso, e incluso se han desarrollado sistemas que permiten irrigar estas puntas con algún agente antimicrobiano como la

clorhexidina, aunque su uso no ha encontrado un beneficio adicional con respecto a la irrigación con agua (Hanes y Purvis, 2003). No obstante, no disponemos de estudios clínicos previos a la realización de esta tesis doctoral que hayan comparando la eficacia clínica de las modificaciones en las puntas de dispositivos automáticos en comparación a las convencionales y, las investigaciones que han encontrado alguna ventaja a favor de dichas modificaciones, lo han hecho en la eliminación de cálculo artificial en las furcas de molares en modelos in vitro (Sugaya et al., 2002a,b).

Desarrollo de nuevos protocolos de actuación

En cuanto a los protocolos de actuación, la manera tradicional de realizar el RAR ha sido por cuadrantes en intervalos de una semana, lo que permitía además ir comprobando el grado de cumplimiento del paciente con las técnicas de higiene oral. En el año 1995, un grupo de investigación de la Universidad de Lovaina (Bélgica) (Quirynen et al., 1995) propuso un nuevo protocolo de tratamiento, la “desinfección de boca completa”. Esta modalidad consiste en realizar el RAR de toda la boca en un periodo no superior a 24 horas (generalmente en dos sesiones en días consecutivos) combinándolo con el uso de antisépticos en colutorio, gel y spray. La justificación de este protocolo se basa en evitar la translocación bacteriana a las localizaciones ya tratadas desde otros nichos orales (lengua, saliva, amígdalas, mucosas) o desde las bolsas periodontales no tratadas. Otra variante de este protocolo es el raspado y alisado radicular de toda la boca, similar a la desinfección de boca completa pero sin el uso de antisépticos para tratar el resto de nichos orales. Los resultados de estos nuevos protocolos frente al RAR convencional son contradictorios. Existen dos revisiones sistemáticas que han encontrado diferencias significativas a favor de las modificaciones terapéuticas en las variables clínicas, aunque la magnitud de las diferencias es mínima y poco relevante desde el punto de vista clínico. Sin embargo, no se encontró ningún beneficio desde el punto de vista microbiológico (Lang et al., 2008; Eberhard et al., 2008). Otra variante de este protocolo es el RAR de toda la boca en una única sesión con ultrasonidos. Cuando se comparó esta modalidad de tratamiento con el RAR convencional (un cuadrante cada semana) empleando instrumentos manuales se obtuvieron resultados clínicos similares, aunque el tiempo de tratamiento necesario para cerrar una bolsa (aquella bolsa que pasa a tener PS <5 mm y sin SaS) fue significativamente menor en el grupo de los ultrasonidos (3,3 versus 8,8 minutos) (Wennström et al., 2005).

Uso de tratamientos coadyuvantes

Otra modificación que se puede realizar en el tratamiento convencional, para tratar de mejorar los resultados clínicos y microbiológicos, es añadir alguna terapia coadyuvante al desbridamiento mecánico de la raíz. La mayor parte de estas terapias coadyuvantes buscan conseguir algún efecto adicional sobre la reducción de los patógenos periodontales, ralentizar los procesos de recolonización o actuar sobre la respuesta del huésped y/o los mediadores de la inflamación, mejorando así la respuesta clínica del tratamiento. Debido a que con la gingivitis existe una relación causa-efecto entre el acúmulo de bacterias y la inflamación, más clara que con las periodontitis, muchos de los modelos de terapia coadyuvante se han estudiado en estas patologías. Caben destacar los siguientes grupos de terapias coadyuvantes:

- a) Antimicrobianos sistémicos: los antimicrobianos sistémicos se han empleado como coadyuvantes al RAR con el fin de actuar sobre microorganismos diana que sabemos que se encuentran en los biofilm y sobre los que el desbridamiento mecánico tiene un impacto limitado. Su uso siempre debe ser después de haber realizado un desbridamiento subgingival y, aunque no existe un protocolo claro de cómo se deben emplear, es preferible que el RAR se realice en un corto periodo de tiempo (< 1 semana) y la ingesta del antibiótico comience el mismo día de la finalización del tratamiento mecánico. El análisis de la literatura avala su uso después del RAR y no disponemos de suficientes datos para hacerlo tras la cirugía periodontal (Herrera et al., 2008). Las conclusiones de la revisión sistemática que ha evaluado su uso como coadyuvante al RAR establece que los pacientes con bolsas profundas, con enfermedad activa o progresiva y con unos perfiles microbiológicos determinados se pueden beneficiar en términos de los cambios en la PS y del NIC y en reducir el riesgo de pérdida de inserción adicional (Herrera et al. 2002).
- b) Antimicrobianos locales: los antimicrobianos locales se han propuesto como coadyuvantes al RAR en un intento de minimizar las limitaciones del tratamiento convencional y de los efectos adversos asociados al uso sistémico de los antibióticos. Esta opción aparece como una alternativa al tratamiento periodontal quirúrgico en aquellos casos con un número limitado de bolsas residuales profundas, o incluso para controlar recidivas localizadas. Cuando se ha evaluado el posible valor adicional en comparación a la técnica convencional en una revisión sistemática se constató que el beneficio medio ponderado del uso de antimicrobianos locales fue de 0,407 mm en reducción de la PS y de 0,310 en la ganancia del NIC (ambos

estadísticamente significativos); sin embargo, de forma específica, no puede recomendarse ningún producto en concreto ni ningún protocolo definido de actuación relativo a estos productos (Matesanz-Pérez et al., 2013).

- c) Antisépticos: el uso coadyuvante de antisépticos como método de control químico de la placa puede ser necesario en aquellos individuos que no son capaces de eliminar de manera efectiva el biofilm supragingival mediante medidas estrictamente mecánicas. Lo que se le pide a un agente químico es que sea capaz de inhibir la formación de nueva placa (inhibidor de placa) y/o que esa inhibición tenga capacidad para reducir la inflamación gingival (antiplaca) sin efectos adversos relevantes. Los resultados de una revisión sistemática reciente han demostrado que ciertas formulaciones, con unos agentes químicos específicos, en el manejo de la gingivitis y de la placa, pueden ofrecer una mejoría estadísticamente significativa en los índices de placa, gingivales y de sangrado en comparación a los controles negativos. Del mismo modo, su uso junto al control mecánico puede ofrecer beneficios en términos de la prevención del desarrollo de inflamación gingival y en el control de los niveles de placa. La selección del vehículo de presentación del agente químico es importante, ya que los colutorios han mostrado un mayor impacto en las variables clínicas, aunque los dentífricos son más convenientes por su mayor uso en la población junto al cepillado. Sin embargo, no se puede recomendar un producto en concreto por la ausencia de comparaciones directas entre los distintos productos (Serrano et al., 2015).
- d) Antiinflamatorios: los antiinflamatorios se han estudiado en modelos de gingivitis experimental para ver su capacidad de reducción de los índices gingivales y del SaS, ya sea como única medida de tratamiento o como coadyuvantes a la eliminación mecánica de la placa. Caben destacar dos grandes grupos de productos empleados, los antiinflamatorios no esteroideos con una fórmula en forma de medicamento y los productos naturales empleados de manera tópica (como colutorios, dentífricos, chicles, etc.) o sistémica (como el ácido ascórbico o la vitamina D). Los resultados de una revisión sistemática reciente han demostrado que el uso de antiinflamatorios como único tratamiento o como coadyuvantes pueden producir un efecto adicional en la reducción del SaS y de los índices gingivales, en comparación con los controles, de manera estadísticamente significativa. Sin embargo, aunque muchos de los productos aplicados de manera tópica (mayor parte de los estudios) han mostrado un beneficio adicional sobre la inflamación gingival, es difícil atribuir este efecto a

una capacidad antiinflamatoria, ya que los mecanismo biológicos se han definido de manera pobre (Polak et al., 2015).

- e) Moduladores de la respuesta del huésped: los moduladores de la respuesta del huésped se han empleado de manera coadyuvante al desbridamiento mecánico con fines de interferir en la respuesta inmunológica que acontece tras la exposición crónica a las bacterias periodonto-patógenas y que es responsable de la destrucción de los tejidos periodontales. Existen distintos grupos de intervenciones con diferentes mecanismos de acción que tratan de ayudar a la recuperación de la homeostasis entre las bacterias y el huésped, dentro de los cuales podemos destacar los siguientes. **La doxiciclina a baja dosis** se utiliza con fines de modular la respuesta del huésped, y no como antimicrobiano, pudiéndose emplear durante largos periodos de tiempo sin, aparentemente, afectar a las resistencias de las bacterias. El mecanismo de acción consiste en disminuir la actividad de las metaloproteinasas de la matriz, que tienen un papel fundamental en la destrucción de los tejidos periodontales. Su uso como coadyuvante al RAR ha mostrado beneficios clínicos en términos de reducción de la PS y ganancia del NIC, con mínimos efectos adversos (Preshaw et al., 2004). Los mediadores lipídicos como las **resolvinas y protectinas**, son moléculas naturales derivadas de diferentes rutas metabólicas que actúan como receptores agonistas y pueden modular la respuesta del huésped, disminuyendo la sobreproducción de mediadores proinflamatorios y favoreciendo el aclarado bacteriano de las superficies mucosas y de las zonas de infección. Sin embargo, el potencial del uso de estos mediadores lipídicos en el tratamiento de enfermedades humanas está pendiente de una correcta investigación clínica (Van Dyke, 2011). También se están investigando las **proteínas y péptidos antimicrobianos**, que son moléculas antiinflamatorias y bactericidas que pueden bloquear los efectos inflamatorios desencadenados como consecuencia de la exposición a las toxinas bacterianas. Aunque se están desarrollando péptidos que mimetizan estas moléculas, todavía no se ha demostrado su eficacia en humanos (Gorr y Abdolhosseini, 2011).
- f) Probióticos: los probióticos son microorganismos vivos , que administrados en las concentraciones adecuadas, pueden producir un beneficio en el paciente. Se han descrito tres posibles mecanismos de acción que contribuirían a un efecto beneficioso si se emplean como coadyuvantes del RAR: modulación de las defensas del huésped, tanto la innata como la adquirida; producción de sustancias

antimicrobianas frente a los periodonto-patógenos; y mecanismos de exclusión por competencia, con el fin de desplazar a las bacterias patógenas y aumentar la proporción de bacterias aerobias Gram positivas. Sin embargo, tienen que emplearse por largos periodos de tiempo, ya que la recolonización de las bacterias periodonto-patógenas ocurre poco tiempo después de suspender el probiótico. Se ha visto que, aunque el efecto clínico y microbiológico de los probióticos es muy limitado en el tratamiento periodontal, es fundamental que se empleen como coadyuvante al RAR, al igual que con los antimicrobianos sistémicos y locales (Teughels et al., 2011). En este contexto, en los últimos años se están llevando a cabo ensayos clínicos bien diseñados, que están encontrando resultados heterogéneos, con beneficios clínicos y microbiológicos a favor del uso coadyuvante del probiótico después de un año del tratamiento (Tekce et al., 2015), o sin diferencias entre los grupos después de 6 meses (Laleman et al., 2015).

Uso de nuevas tecnologías

Los avances tecnológicos se están aplicando también en la rama de la Odontología y, en concreto, en el campo de la Periodoncia. Con el desarrollo de las nuevas tecnologías se exploran alternativas al RAR y al mantenimiento periodontal que sean más efectivas (o al menos igual) pero que a su vez sean más eficientes. En este contexto caben destacar cuatro grupos:

- 1) modificaciones en los aparatos de los ultrasonidos para conseguir menores molestias para el paciente cambiando el modo de vibración de la punta (Vector®, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemania) o añadiendo sistemas de detección de cálculo para mejorar nuestra capacidad de dejar una superficie radicular completamente limpia (PerioScna®, Sirona, Bensheim, Alemania);
- 2) sistemas de aire abrasivo, especialmente empleados en el mantenimiento periodontal;
- 3) uso de la endoscopia dentro de las bolsas periodontales para la detección visual de cálculo residual;
- 4) uso de los láseres con distintos fines.

Es precisamente el grupo de los láseres el que más se ha evaluado en el tratamiento periodontal no quirúrgico y el que merece ser desarrollado en profundidad.

4. Láseres en el tratamiento periodontal

En la actualidad, se están desarrollando y apareciendo en el mercado nuevas tecnologías como alternativas al RAR con instrumentos manuales o automáticos para el tratamiento de la periodontitis crónica. De entre estas nuevas tecnologías, los láseres son los que más se han estudiado en el campo de la Periodoncia.

Aunque existen en el mercado más de 1000 tipos de láseres, muy pocos se han empleado en Odontología. Dependiendo del medio y de la configuración óptica, cada láser va a tener unas propiedades físicas y biológicas diferentes. A su vez, cada láser va a tener un efecto distinto en los tejidos duros y blandos en función de la longitud de onda y de la potencia de emisión de la luz (Cobb, 2006). De este modo, se ha propuesto el uso de los láseres en Periodoncia por sus propiedades antimicrobianas, físicas y de ablación.

Dentro de los distintos tipos de láseres que se emplean en Periodoncia podemos destacar cuatro grandes grupos:

- a) Láseres de baja potencia. No tienen capacidad de ablación, ni de tejidos duros ni blandos, y su beneficio terapéutico se basa en la bio-estimulación, reduciendo la inflamación y favoreciendo el proceso de reparación de los tejidos. Sin embargo, esta tecnología no ha mostrado ninguna eficacia en el tratamiento de la periodontitis (Aykol et al., 2011).
- b) Terapia fotodinámica. Se ha propuesto como una terapia antimicrobiana y se basa en el uso de un agente foto-sensibilizante que, tras absorber luz, se convierte en bactericida (Pinheiro et al., 2010). Este agente se activa con una luz con una determinada longitud de onda y libera radicales libres de oxígeno que se vuelven citotóxicos frente a los microorganismos (Soukos y Goodson, 2011). Sin embargo, esta tecnología no tiene la capacidad de desbridar mecánicamente el biofilm ni el cálculo, por lo que no se puede considerar como una alternativa al RAR, pero sí como coadyuvante. Una reciente revisión sistemática ha mostrado como el uso coadyuvante de la terapia fotodinámica puede obtener un beneficio añadido en las variables clínicas a corto plazo (hasta los 3 meses), pero éste se pierde a partir de los 6 meses (Sgolastra et al., 2013).

- c) Láseres de tejidos blandos. Tienen capacidad de ablación de los tejidos blandos, pero no de los duros. Su uso en Periodoncia se basa en su capacidad de evaporar el tejido de granulación y en conseguir un efecto foto-térmico que es bactericida. Sin embargo, no tienen capacidad de desbridar el biofilm y el cálculo, por lo que deben emplearse como coadyuvantes a otra modalidad de RAR. Los principales láseres empleados en Periodoncia dentro de este grupo son el neodimio: itrio-aluminio-granate (Nd:YAG), el de dióxido de carbono (CO₂) y los de diodo. Aunque estos láseres han mostrado una mejoría significativa en las variables clínicas y microbiológicas en pacientes con periodontitis (Cobb, 2006; Ishikawa et al., 2009; Slot et al., 2009), cuando se usan directamente sobre la superficie radicular para la eliminación de cálculo pueden causar un sobrecalentamiento y producir daño en la raíz (Israel et al., 1997).
- d) Láseres de tejidos blandos y duros. Dentro del campo de la Odontología, los láseres de Erblio son los que han mostrado tener una buena absorción por tejidos duros y blandos, induciendo un efecto de foto-ablación y foto-térmico (Sculean et al. 2004). Dentro de este grupo hay que destacar el laser de erbio, cromo: ytrio-escandio-galio-granate (Er,Cr:YSGG) y el de erbio: itrio-aluminio-granate (Er:YAG).

El láser de Er:YAG en el tratamiento periodontal

El láser de Er:YAG es el que más se ha evaluado en el tratamiento periodontal no quirúrgico por sus propiedades físicas singulares. Tiene una máxima emisión en el rango infra-rojo de 2940 nm, que coincide con el pico de máxima absorción del agua, lo que le permite actuar tanto en tejidos blandos como duros, incluyendo esmalte, dentina y cálculo subgingival. Además, los estudios in vitro han mostrado que es capaz de eliminar el biofilm y el cálculo subgingival sin dañar la superficie radicular (Schwarz et al., 2006; Herrero et al., 2010). También puede incluir un sistema de retroalimentación (“feedback”), que consiste en la incorporación de un láser de diodo no ablativo que permite, por fluorescencia, detectar el cálculo subgingival y activar el láser de emisión (Er:YAG) (Derdilopoulou et al., 2007). Dependiendo de la activación de este sistema “feedback” y del ajuste del umbral de detección, se puede esperar una distinta respuesta del tratamiento (Krause et al., 2007).

El posible efecto beneficioso del Er:YAG podría deberse a una acción directa bactericida o a un efecto físico en los tejidos. Sin embargo, los posibles efectos antimicrobianos son controvertidos, ya que el láser ha mostrado un efecto bactericida in vitro (Ando et al.,

1996; Mehl et al., 1999) y ser capaz de eliminar las endotoxinas bacterianas de la superficie radicular (Folwaczny et al., 2003; Yamaguchi et al., 1997), pero no ha mostrado una eficacia microbiológica sustancial en los ensayos clínicos, con resultados contradictorios (Schwarz et al., 2003a; Malali et al., 2012; Derdilopoulou et al., 2007; Lopes et al., 2010; Yilmaz et al., 2012; Yilmaz et al., 2013). Es más, en la mayor parte de los estudios, el uso del láser de Er:YAG no aportó un valor añadido en comparación a la terapia convencional en términos de reducción de las bacterias totales o de los principales periodontopatógenos (Schwarz et al., 2003; Malali et al., 2012; Derdilopoulou et al., 2007; Yilmaz et al., 2012; Yilmaz et al., 2013). Por otro lado, se ha propuesto que el uso coadyuvante del láser podría reducir las citoquinas proinflamatorias y ralentizar el proceso de recolonización bacteriana (Domínguez et al., 2010).

La eficacia clínica del láser de Er:YAG se ha evaluado en distintos ensayos clínicos con resultados contradictorios cuando se ha comparado con el tratamiento convencional de RAR. Se ha estudiado tanto como mono-terapia (sólo Er:YAG) o como coadyuvante al RAR convencional en la misma visita. En la mayor parte de los estudios el láser de Er:YAG no proporcionó un valor añadido al RAR convencional y, cuando las diferencias fueron significativas a favor del láser, nos podemos cuestionar si estas diferencias fueron relevantes desde el punto de vista clínico. Existen dos revisiones sistemáticas recientes que han mostrado que el láser de Er:YAG es igual de eficaz que el RAR convencional, tanto como mono-terapia (Sgolastra et al., 2012) como coadyuvante (Zhao et al., 2014), pero sin aportar un valor añadido desde el punto de vista clínico.

III. JUSTIFICACIÓN

Las periodontitis son patologías muy prevalentes en el ser humano, especialmente en la edad adulta, y pueden causar una alta morbilidad desde el punto de vista funcional (movilidad, pérdida dentaria) y estético, a nivel bucodental, y también pueden tener consecuencias a nivel sistémico (enfermedades cardiovasculares, diabetes, resultados adversos del embarazo...).

El tratamiento no quirúrgico mediante RAR ha mostrado una adecuada eficacia clínica y ser capaz de controlar la mayor parte de las periodontitis crónicas iniciales y moderadas (formas más prevalentes de la enfermedad). Sin embargo, las técnicas convencionales de RAR con instrumentos manuales o automáticos ha mostrado tener ciertas limitaciones, especialmente en las formas severas de la enfermedad y en situaciones anatómicas de difícil acceso como son los defectos intra-óseos o las lesiones de furca.

Con el fin de tratar de solventar estas limitaciones, tratando de mejorar los resultados clínicos y microbiológicos, y también los resultados en cuanto a las variables relacionadas con el paciente, surgen modificaciones de las técnicas convencionales (mejoras en el instrumental manual y automático ya existentes), tratamientos coadyuvantes, nuevas estrategias y desarrollo de nuevas tecnologías, aunque entre estas últimas pocas han sido correctamente evaluadas con estudios de calidad. En concreto, dentro del desarrollo de nuevas tecnologías, se ha prestado especial atención al uso del láser y, entre ellos, al láser de Er:YAG, que es la alternativa al RAR convencional que más se ha evaluado en la literatura sobre el desarrollo de nuevas tecnologías, tanto como mono-terapia como coadyuvante, con resultados contradictorios. Sin embargo, el láser de Er:YAG nunca se ha evaluado al emplearse una semana después de una sesión de ultrasonidos de la boca completa en las localizaciones con una afectación periodontal inicial mayor ($PS \geq 4,5$ mm). La hipótesis de este protocolo se basa en tratar de disminuir la inflamación y el sangrado dentro de las bolsas más profundas, donde el RAR convencional puede presentar más limitaciones, para optimizar las propiedades ópticas de la luz del láser y conseguir una mejor absorción por parte del biofilm y del cálculo, mejorando la ablación de los mismos.

La limitación en la información disponible sobre la eficacia de las nuevas tecnologías para realizar el RAR que aparecen en el mercado y la controversia que existe sobre el uso de los láseres, justifican el interés de este trabajo. Por un lado se pretende actualizar la

información sobre los ensayos clínicos que se han publicado en el campo del tratamiento periodontal no-quirúrgico y, por otro, se pretende evaluar un nuevo protocolo de tratamiento con láser de Er:YAG empleado una semana después del RAR.

IV. HIPÓTESIS

La hipótesis general de este trabajo es que el uso del láser de Er:YAG, como coadyuvante al RAR convencional en el tratamiento de la periodontitis crónica, puede proporcionar beneficios clínicos y microbiológicos con respecto al tratamiento con RAR solo.

De manera concreta, se plantean las siguientes hipótesis específicas:

1. Las modificaciones en la terapia convencional con instrumentos manuales o automáticos (ultrasonidos), las modificaciones en los protocolos de tratamiento, y los nuevos avances tecnológicos, pueden aportar un beneficio adicional cuando se comparan con el RAR convencional.
2. El uso de un nuevo protocolo de tratamiento de RAR, que combina una sesión de ultrasonidos a boca completa con el láser de Er:YAG, una semana después, en las bolsas periodontales inicialmente profundas ($PS \geq 4,5$ mm), puede ofrecer un beneficio adicional desde el punto de vista de las variables clínicas.
3. El uso de un nuevo protocolo de tratamiento de RAR que combina una sesión de ultrasonidos a boca completa con el láser de Er:YAG, una semana después, en las bolsas periodontales inicialmente profundas ($PS \geq 4,5$ mm), puede ofrecer un beneficio adicional desde el punto de vista de las variables microbiológicas.

V. OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar el efecto clínico y microbiológico del láser de Er:YAG como coadyuvante al RAR convencional en el tratamiento de la periodontitis crónica.

Objetivos secundarios

Actualizar la evidencia científica, basada en la publicación de ensayos clínicos aleatorizados entre enero del 2010 y marzo del 2012, sobre los avances en la terapia periodontal no quirúrgica en términos de modificaciones de la terapia convencional con instrumentos manuales o automáticos (como ultrasonidos) y en los protocolos de tratamiento, así como en las nuevas tecnologías (*Estudio 1*).

Evaluar la eficacia clínica de un nuevo protocolo de tratamiento de RAR que combina una sesión de ultrasonidos a boca completa con el láser de Er:YAG, una semana después, en las bolsas periodontales inicialmente profundas ($PS \geq 4,5$ mm), en comparación al RAR convencional, en dos sesiones con ultrasonidos separadas una semana (*Estudio 2*).

Evaluar las variables microbiológicas y los patrones de recolonización bacteriana de un nuevo protocolo de tratamiento de RAR que combina una sesión de ultrasonidos a boca completa con el láser de Er:YAG, una semana después, en las bolsas periodontales inicialmente profundas ($PS \geq 4,5$ mm) en comparación al RAR convencional en dos sesiones con ultrasonidos separadas una semana (*Estudio 3*).

VI. MATERIAL Y MÉTODOS. RESULTADOS

La descripción detallada del material y métodos, así como los resultados de este trabajo de investigación han sido publicados como artículos científicos en tres publicaciones independientes con las siguientes referencias:

1. Sanz I., Alonso B., Carasol M., Herrera D., Sanz M. (2012) Nonsurgical treatment of periodontitis. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 12 (S1): 76-86.
2. Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Matos R., Herrera D., Sanz M. (2015a) Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment in patients with chronic periodontitis: a randomised clinical trial. *Journal of Periodontology* 86: 527-535.
3. Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Herrera D., Sanz M. (2015b) Microbiological effects and recolonisation patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser. *Clinical Oral Investigations* DOI: 10.1007/s00784-015-1617-y.

ARTÍCULO 1:

Sanz I., Alonso B., Carasol M., Herrera D., Sanz M. (2012) Nonsurgical treatment of periodontitis. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 12 (S1): 76-86.

Tratamiento no quirúrgico de la periodontitis

Objetivo: Actualizar la evidencia científica basada en la publicación de ensayos clínicos aleatorizados sobre los avances en las terapia periodontal no quirúrgica.

Material y métodos: Se seleccionaron en Medline y se analizaron de forma crítica los ensayos clínicos aleatorizados (ECA) publicados entre enero del 2010 y marzo del 2012. Se emplearon las revisiones sistemáticas publicadas previamente como punto de partida. Se evaluaron de manera independiente tres apartados: las modificaciones en los instrumentos convencionales, la aparición de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos protocolos de tratamiento.

Resultados: Se seleccionaron 25 publicaciones: 4 relacionadas con las modificaciones de las terapias convencionales (nuevos diseños de puntas de ultrasonidos y anestésicos locales), 17 con las nuevas tecnologías (nuevos sistemas de ultrasonidos, sistemas de aire abrasivo, endoscopia y láseres), y 4 con los nuevos protocolos de tratamiento.

Conclusiones: Los avances tecnológicos y el desarrollo de nuevos protocolos de tratamiento pueden mejorar las variables relacionadas con el paciente y el ratio coste-beneficio, aunque no han mostrado una diferencia significativa en su eficacia cuando se compara con el raspado y alisado radicular convencional.

NONSURGICAL TREATMENT OF PERIODONTITIS

Ignacio Sanz, DDS,¹ Bettina Alonso, DDS, Dr Odont,^{1,2} Miguel Carasol, MD, DDS,¹ David Herrera, DDS, Dr Odont,^{1,2} and Mariano Sanz, MD, DDS, Dr Med^{1,2}

ABSTRACT

Context. Scaling and root planing (SRP) is the gold standard treatment for most patients with chronic periodontitis. Nevertheless, in the last years, different therapeutic strategies have been proposed to improve the results of SRP and hence to avoid the need of periodontal surgical interventions in some patients with advanced periodontitis. They are based on modifications of standard therapies (such as enhancement of instrument tip designs), on development of new technologies (such as lasers), or development of alternative treatment protocols (eg, full-mouth disinfection). The purpose of this review is, therefore, to update the scientific evidence based on randomized clinical trials (RCT) evaluating these advanced nonsurgical therapies that have been published between January 2010 and March 2012.

Evidence Acquisition. RCTs published between January 2010 and March 2012 have been selected. Previous systematic reviews were used as a start point. Three distinct aspects were evaluated independently: the modification of conventional instruments, the advent of new technologies, and the development of new treatment protocols.

Evidence Synthesis. Twenty-two publications were selected: 4 were related to modifications of standard therapies (new tip designs and local anesthetics), 14 to new technologies (new ultrasonic devices, air abrasive systems, endoscope and lasers), and 4 to new treatment protocols.

Conclusions. These technological advances and the development of new protocols may improve patient-related outcomes and cost-effectiveness, although they have not shown significant differences in efficacy when compared with conventional SRP.

INTRODUCTION

The primary goal of periodontal therapy is to preserve the natural dentition, by arresting the chronic inflammatory process, that results in loss of periodontal attachment and alveolar bone and formation of periodontal pockets. The current understanding on the etiology and pathogenesis of periodontitis acknowledges that this disease is the result of a complex interplay of bacterial aggression and host response, modified by behavioral and systemic risk factors. The pathogens are organized in communities (biofilms) adhered to the root surface in the subgingival environment, which are usually resistant to both the natural antibacterial defense mechanisms present in the oral cavity and to any chemical antibacterial medication.¹ Only therapies achieving the mechanical disruption of subgingival biofilms

¹Section of Graduate Periodontology
Faculty of Dentistry, Complutense
University, Madrid, Spain

²Etiology and Therapy of Periodontal
Disease (ETEP) Research Group,
Faculty of Dentistry, University Com-
plutense, Madrid, Spain

Corresponding Author: Mariano Sanz, MD,
DDS, Dr Med, Facultad de Odontología, Plaza
Ramón y Cajal s/n, (Ciudad Universitaria),
28040 Madrid, Spain; E-mail: marianosanz@odon.ucm.es

**J Evid Base Dent Pract 2012;S1:
[76-86]**

1532-3382/\$36.00

© 2012 Elsevier Inc. All rights reserved.

Keywords: Periodontitis, nonsurgical therapy, laser; power-driven, curettes.

TABLE 1. Study design of publications on conventional SRP

| Ist author | Year | Country | n (final) | Design | Duration | Test | Control |
|------------|------|---------|-----------|-------------|----------|--|--------------------------------------|
| Casarin | 2010 | Brazil | 15 (15) | Split-mouth | 2 mo | PP & OHI; US scaler thin tip | PP & OHI; US scaler conventional tip |
| Muhney | 2010 | EE.UU. | 75 (75) | Split-mouth | 0 d | Piezoelectric US device | Magnetostrictive US device |
| Chung | 2011 | Korea | 40 (40) | Split-mouth | 1 d | SRP (US) with or without EMLA | SRP (curettes) with or without EMLA |
| Pandit | 2010 | India | 25 (25) | Split-mouth | 0 d | Test 1: SRP (curettes) + EMLA Test 2: SRP(curettes) + lignocaine patch Test 3: SRP (curettes)+ EDA | |

EDA, electronic dental anesthesia; EMLA, Eutectic mixture of local anesthesia; OHI, oral hygiene instructions; PP, professional prophylaxis; SRP, scaling and root planing; US, ultrasonic device.

have proven successful and, hence, periodontal health can be maintained only provided there is adequate plaque control by the patient and frequent professional prophylaxis.²

Mechanical root debridement is the cornerstone of cause-related periodontal therapy and it is aimed at removal of subgingival biofilm and calculus, which together with the patient's oral hygiene practices will prevent bacterial recolonization and formation of supragingival biofilms. This debridement is usually carried out with hand instruments (curettes and scalers) and staged in different sessions (by quadrants or sextants). This conventional protocol is termed scaling and root planing (SRP) and it has proven to be the gold standard of periodontal therapy for most patients with chronic periodontitis. Its efficacy is well documented in systematic³⁻⁵ and narrative reviews⁶⁻⁸ by the demonstration of gains in clinical attachment levels (CAL), reductions in probing pocket depths (PPD), and in the frequency of bleeding on probing (BOP). SRP is able to significantly improve CAL levels between 0.55 and 1.29 mm and to reduce PPD between 1.29 and 2.16 mm, these results being mostly dependent on the extent and severity of disease.² These results are, however, not dependent on the mode of debridement, as power-driven instrumentation has demonstrated similar outcomes when compared with hand instrumentation.^{9,10} The results are dependent rather on the presence of local factors, such as deep and tortuous pockets, furcations, and angular bony lesions, which may limit the reach of nonsurgical debridement,¹¹ as well as on patient's related factors, such as tobacco smoking and the compliance with plaque control.¹²

In the past years different therapeutic strategies have been proposed to improve the results of SRP and hence to avoid the need of periodontal surgical interventions. These additional therapies are based on modifications of standard therapies (such as enhancement of instrument tip designs), on development of new technologies (such as lasers), or

development of alternative treatment protocols (eg, full-mouth disinfection). The purpose of this review is, therefore, to update the scientific evidence based on randomized clinical trials (RCTs) evaluating these advanced nonsurgical therapies that have been published between January 2010 and March 2012.

MODIFICATION OF STANDARD THERAPIES

Traditionally, SRP has been performed with curettes, which have been modified by changing the shape of the instrument or the active tip (eg, After Five and Mini-Five curettes) to optimize their instrumentation efficacy in areas of difficult access.¹³ Similarly, power-driven instrument devices using sonic or ultrasonic technologies have improved their outcome performance and modified their application tips so as to improve their capacity of subgingival plaque and calculus removal. Moreover, these devices have incorporated irrigation systems to increase their efficacy by the adjunctive activity of antimicrobials (chlorhexidine, saline, or hydrogen peroxide). In addition, modifications of traditional approaches have also aimed to improve patient-based variables.

The search of RCTs evaluating these modifications rendered 4 studies that have used split-mouth designs. Their results are summarized in **Tables 1 and 2**. One study evaluated the short and intermediate outcomes of performing SRP with different ultrasonic tip inserts.¹⁴ The use of new thin ultrasonic tips was not associated with improved clinical outcomes 3 months after treatment and resulted in short term CAL loss. In another study, the evaluation of modern power-driven devices resulted in less pain and vibration sensation after scaling with a piezoelectric when compared with a conventional magnetostrictive ultrasonic device.¹⁵ The other 2 RCTs tested different anesthetic techniques during SRP procedures: Chung et al¹⁶ compared scaling with an ultrasonic device or curettes, with and without the use of a nonpunctured lidocaine

TABLE 2. Main findings of publications on conventional SRP

| Ist author | Year | Clinical variables | Main conclusion |
|------------|------|---|---|
| Casarin | 2010 | RAL, RGP, PD, ICAL | Higher immediate clinical attachment loss inflicted by thin ultrasonic tips during instrumentation, but it did not affect the clinical response to the nonsurgical treatment. |
| Muhney | 2010 | Level of discomfort (pain), vibration and noise (VAS) | The patients prefer instrumentation with the piezoelectric as it relates to awareness of associated discomfort and vibration. |
| Chung | 2011 | Pain levels (VAS & VRS) | A significant reduction of pain is achieved by using EMLA cream and US. |
| Pandit | 2010 | Pain levels (VAS & VRS) | EMLA and lignocaine patch are more effective than EDA and comparable. |

ICAL, immediate clinical attachment loss; PD, probing depth; RAL, relative attachment level; RGP, relative gingival position; SRP, scaling and root planing; VAS, visual analog scale; VRS, verbal rating scale; US, ultrasonic device.

anesthetic (eutectic mixture of local anesthetics [EMLA]), and patients significantly experienced less pain when using EMLA and the ultrasonic device. Pandit et al¹⁷ compared 3 different types of topical anesthesia when performing SRP with curettes, and EMLA also resulted in the least perception of pain by the patients.

In summary, most of the tested modifications have not rendered significant benefits in clinical outcomes, although modern piezoelectric ultrasonic devices and the use of EMLA seem to improve patient-related outcomes, since patients experienced less pain and discomfort when compared with standard modes of instrumentation. These results, however, are derived from few studies with small samples. There is a need for RCTs with adequate samples and designs, and adherence to the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) guidelines, in order to truly assess the benefits of these enhancements in periodontal instrumentation devices and techniques.

NEW TECHNOLOGIES

New technologies are being developed with the aim of outperforming the classical hand- and power-driven root instrumentation systems in the nonsurgical treatment of chronic periodontitis.

Modified Ultrasonic Systems

Two modified ultrasonic instrumentation systems (Vector and PerioScan) have been released to effectively remove subgingival plaque and calculus and at the same time avoid some of the side effects of standard power-driven devices, such as dentinal hypersensitivity, thermal changes leading to pulp symptomatology, changes in the marginal gingival tissue, transmission of infections via aerosol, acoustic lesions, and possible effects on cardiac pacemakers.

The Vector system (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany) is a modification of a conventional ultrasonic device, where the horizontal vibration is converted by a resonating ring into a vertical vibration, resulting in a parallel movement

of the working tip to the tooth surface. The intended purpose is to provide a less painful treatment with greater PPD reductions and CAL gains when compared with conventional SRP. The clinical evidence, however, does not substantiate these claims and, on the contrary, Slot et al¹⁸ demonstrated that the Vector system obtained comparable clinical and microbiological results when compared with SRP either with hand instruments or with power-driven devices in moderately deep pockets. However, more time was needed for achieving similar outcomes with the Vector system. Similar results were reported by Guentsch and Preshaw,¹⁹ showing that the Vector system was less efficient when removing large masses of calculus.

PerioScan (Sirona, Bensheim, Germany) is an ultrasonic device that provides a detection mode to discriminate between calculus deposits and smooth clean roots, using both a visual and an acoustical signal. It has shown to have a positive predictive value of 0.59 for detecting calculus and a negative predictive value of 0.97 in the presence of clean root surfaces.²⁰ There are, however, no controlled studies evaluating the efficacy of this device with conventional SRP.

Air Abrasive Systems

Standard powdered air abrasive systems are based on the air-spray of sodium bicarbonate. They are used for polishing and removing tooth stains, but cannot be used for root instrumentation because they cause hard and soft tissue damage owing to their high abrasiveness.²¹ Recently, a powered air abrasive system based on a low-abrasive amino acid glycine powder has demonstrated to effectively remove biofilm from the root surface without damaging the hard and soft tissues.²² Two recent comparative studies have evaluated the efficacy of this air abrasive glycine system when compared with standard SRP. The first study evaluated the short-term efficacy (7 days) of glycine powder air spray in residual pockets of patients in supportive periodontal therapy (SPT), when compared with SRP with curettes. No significant differences were detected in either clinical or microbiological outcome variables, although patients preferred the glycine treatment

TABLE 3. Study design of publications on lasers

| Ist author | Year | Country | n (final) | Design | Duration | Test | Control |
|--------------|-------|-----------------|-----------|----------|----------------|--|------------------------------------|
| Aykol | 2011 | Turkey | 36 (36) | Parallel | 6 mo | SRP + LLLT 808 nm (1, 2, and 7 d) | SRP |
| Braun | 2010 | Germany | 40 (40) | SM | 3 mo | Er:YAG | Sonic scaler |
| Cappuyns | 2011 | Switzerland | 32 (29) | SM | 6 mo | Test 1: PDT Test 2: Diode (810 nm) | SRP |
| De Micheli | 2010 | Brazil | 28 (27) | SM | 6 wk | SRP + Diode 810 nm (1 & 7 d) | SRP |
| Eltas | 2011 | Turkey | 20 (20) | SM | 9 mo | SRP + Nd:YAG | SRP |
| Gómez | 2010 | Spain | 30 (NR) | Parallel | 8 wk | SRP + Nd:YAG | SRP |
| Kelbauskienė | 2011 | Lithuania | 30 (NR) | SM | 12 mo | SRP + Er,Cr:YSGG | SRP |
| Jin | 2010 | China | 18 (18) | SM | 4 wk | SRP + Diode (810 nm) | SRP + Curettage |
| Lopes | 2010 | Brazil | 21 (19) | SM | 12 mo | Test 1: SRP+Er:YAG Test 2: Er:YAG | Control 1: SRP Control 2: None |
| Qadri | 2010 | Sweden | 22 (22) | SM | 20 mo (median) | SRP + Nd:YAG | SRP |
| Qadri | 2010b | Sweden | 30 (30) | SM | 3 mo | SRP + Nd:YAG | SRP |
| Romeo | 2010 | Italy | 15 (NR) | SM | 6 wk | Test 1: KTP + SRP + CHX Test 2: KTP + SRP | C1: SRP+CHX C2: SRP+POV |
| Rotundo | 2010 | Italy | 27 (26) | SM | 6 mo | Test 1: SRP + Er:YAG Test 2: Er:YAG | Control 1: SRP Control 2: SUPRA |
| Slot | 2011 | The Netherlands | 19 (19) | SM | 3 mo | SRP + Nd:YAG | SRP |

CHX, chlorhexidine gel 0.5%; KTP, potassium-titanyl-phosphate laser; LLLT, low-level laser therapy; NR, not reported; PDT, photodynamic therapy; POV, povidone-iodine; SM, split mouth; SRP, scaling and root planing; SUPRA, supragingival scaling; T1 and T2, Test 1 and Test 2.

and this treatment was carried out in significantly less time.²³ The second study also compared the use of powered glycine air versus SRP with an ultrasonic device in patients with residual pockets in SPT, but evaluated the outcomes at 5 months.²⁴ Similarly, no significant differences between both modes of therapy were observed in clinical and microbiological outcome variables.

Endoscopic Technology

Fiberoptic endoscopic technology has been introduced in periodontal instrumentation devices with the goal of magnifying ($\times 24$ – 48) the interior of the periodontal pocket and thus allowing the identification and treatment of remaining calculus deposits. Only 1 RCT has investigated the additional beneficial effects of using this fiberoptic technology when performing SRP²⁵ and no significant differences were reported in PPD reductions between SRP alone and endoscope-aided SRP.

Lasers

Although there are more than 1000 types of laser devices, few have been used in dentistry. Depending on the laser medium and on the configuration of the optical device, each

laser has different physical or biological properties.²⁶ The use of lasers has been proposed in the treatment of periodontitis owing to their anti-infective, physical, and ablation properties.^{27,28}

Low-energy lasers do not have ablation capabilities, neither for hard or soft tissues, and their therapeutic benefit is based on reducing inflammation and enhancing the healing process.²⁹ This technology has not shown any efficacy in the treatment of periodontitis.

Photodynamic therapy has been proposed as an anti-infective therapy based on the property of a photosensitizer agent of absorbing light and thus becoming bactericidal.³⁰ This agent is activated by light with the proper wavelength, transforming oxygen to singlet oxygen and releasing free radicals that are cytotoxic to microorganisms.³¹ This technology, however, does not have any capability to mechanically debride and, therefore, to remove plaque and calculus, which implies that it cannot be used as an alternative to SRP, but rather as an adjunctive therapy. There are no available RCTs assessing for this adjunctive effect.

TABLE 4. Main findings of publications on lasers

| Ist author | Year | Clinical variables | Main conclusion |
|--------------|-------|---|--|
| Aykol | 2011 | GCF markers, SBI, PPD, CAL | The LLLT group showed SSD better clinical outcomes. No SSD could be seen for the marker levels in GCF |
| Braun | 2010 | Subjective intensity of pain, BOP | For residual pockets, the Er:YAG demonstrated less subjective pain than the sonic scaler; with no SSD for BOP |
| Cappuyns | 2011 | PPD, BOP, Recession, pain perception, microbiology (RNA probes) | PDT and SRP suppressed the microorganisms stronger and resulted in fewer persisting pockets than the diode group |
| De Micheli | 2010 | CAL, PPD, BOP, PI, microbiology (culture) | CAL gain and PPD reduction were greater in the control group |
| Eltas 2011 | 2011 | CAL, PPD, GI, PI, GCF markers | SRP + Nd:YAG was more effective in reducing PPD, CAL, GI, and GCF markers |
| Gómez | 2010 | PPD, BOP, PI, GCF markers, microbiology (culture) | No SSD were found for any of the clinical or microbiological outcomes. IL-1 β and TNF- β were lower in the test group |
| Kelbauskienė | 2011 | PPD, BOP, PI, CAL, Recession | PPD reduction, CAL gain and BOP reduction were greater in the test group |
| Jin | 2010 | PPD, CAL, PI, SBI, patient perception (VAS) | No SSD were found between groups for any of the clinical outcomes. Less discomfort and treatment time in the test |
| Lopes | 2010 | PPD, CAL, Recession, GI, BOP, PI, Microbiology (PCR) | Test 1 and Control 1 showed a higher reduction for the GI. Test 1 and Test 2 presented a significant reduction in the % of sites with bacteria |
| Qadri | 2010 | PPD, PI, GI, BL(x-rays), GCF volume | PI, GI, PPD, BL, and GCF volume were lower in the test group |
| Qadri | 2010b | PPD, GI, PI, and GCF markers | PPD, GI, PI, GCF markers, and GCF volume were lower in the test group |
| Romeo | 2010 | PI, BOP, PPD, CAL | Test 1 and Control 2 showed a greater CAL gain and PPD reduction |
| Rotundo | 2010 | PPD, CAL, PI, Recession, BOP, patient perception (VAS) | Combining SRP with Er:YAG did not obtain better results than SRP alone. Er:YAG alone obtained similar results than SUPRA |
| Slot | 2011 | PPD, PI, BOP, patient perception (VAS), microbiology (culture) | No SSD were found between groups for any of the clinical or microbiological outcomes |

BL, bone levels; BOP, bleeding on probing; CAL, clinical attachment level; GCF, gingival crevicular fluid; GI, gingival index; IL, interleukin; LLLT, low-level laser therapy; PCR, polymerase chain reaction; PI, plaque index; PPD, probing pocket depths; SBI, sulcular bleeding index; SRP, scaling and root planing; SSD, statistically significant differences; SUPRA, supragingival scaling; T1 and TNF, tumor necrosis factor; VAS, visual analog scale.

Ablative lasers have been used in dentistry for both soft or hard tissue applications. In periodontal therapy, the following lasers with hard tissue ablation capability have been used and tested: semiconductor diode lasers, Er:YAG (erbium doped:yttrium, aluminium, and garnet), Nd:YAG (neodymium doped:yttrium, aluminium, and garnet), CO₂ (carbon dioxide laser), and Er:Cr:YSGG (erbium, chromium doped:yttrium, scandium, gallium, garnet).^{28,32-37} Since 2010, 14 published RCTs have been identified comparing lasers with conventional periodontal therapy, with all except one²⁹ using a split-mouth design and with follow-up evaluations ranging between 6 weeks and 12 months. **Tables 3 and 4** summarize their study design and main findings.

Although diode, Nd:YAG, and CO₂ lasers have shown significant improvements in clinical outcomes and reductions³⁸ in subgingival microbial populations in patients with periodontitis,^{26,35} when used directly on root surfaces for calculus

removal they can cause excessive heat and result in root damage,³⁹ although with CO₂ lasers, these negative effects can be avoided when irradiating in a pulsed mode with a de-focused beam.⁴⁰ A recent systematic review has shown no beneficial effect on the use of pulsed Nd:YAG lasers when compared with conventional therapy during the initial treatment of patients with periodontitis, neither as adjunctive nor as monotherapy.³⁸ Similarly, 2 other systematic reviews, evaluating the efficacy of different types of lasers in nonsurgical periodontal therapy, have shown no clinical or microbiological benefits with the use of Nd:YAG laser; either as monotherapy, or as an adjunct to SRP.^{41,42} In the past 2 years, 5 studies have evaluated the efficacy of Nd:YAG laser when used as adjunctive to hand or power instrumentation in the treatment of patients with chronic periodontitis.⁴³⁻⁴⁷ All the studies, except one,⁴³ evaluated clinical outcomes and inflammatory markers in gingival crevicular fluid during periods ranging between 8 weeks

TABLE 5. Study design of publications on SRP approaches

| Ist author | Year | Country | n (final) | Design | Duration | Test | Control |
|------------|------|-----------------|-----------|----------|----------|---|---|
| Knöfler | 2011 | Germany | 37 | Parallel | 12 mo | FMSRP: 1 session (hand + power-driven) | SRP: 2 sessions within 4-5 wk (hand + power-driven) |
| Pera | 2011 | Brazil | 30 | Parallel | 6 mo | FMUD (1 session 45 min) + triclosan/copolymer dentifrice | FMUD (1 session 45 min) + placebo dentifrice |
| Santos | 2012 | Brazil | 34 | Parallel | 12 mo | FMSRP: 2 sessions (2 h) within 24 h (hand + power-driven) | SRP: 4 sessions (1 h) within 21 d (hand + power-driven) |
| Zijinge | 2011 | The Netherlands | 44 (39) | Parallel | 3 mo | FMSRP: 1 session (3 h) (hand instruments) | SRP: 3 sessions (1 h) within 21 d (hand instruments) |

FMSRP, full-mouth scaling and root planing; FMUD, full-mouth ultrasonic disinfection; SRP, scaling & root planing.

and 20 months after treatment. Two of these studies also assessed microbiological outcomes^{43,45} and 1 studied patient's related outcomes.⁴³ In 3 of the 5 studies, the adjunctive use of Nd:YAG rendered significant clinical and anti-inflammatory benefits when compared with SRP alone.^{44,46,47} In another study, only the anti-inflammatory action showed a significant benefit⁴⁵ and in the last study neither the clinical nor the microbiological and patient-related outcomes demonstrated significant differences between the treatment groups.⁴³

Four studies have evaluated the use of diode laser: one used the 808-nm laser application as an adjunct to SRP with hand and ultrasonic instrumentation²⁹; and 3 evaluated the 810-nm diode laser, 2 as adjunct to SRP^{48,49} and 1 as mono-therapy.⁵⁰ The posttreatment evaluation periods ranged between 4 weeks and 6 months, and all evaluated clinical outcomes. Additionally, 2 studies assessed microbiological outcomes,^{48,50} 1 assessed inflammatory markers,²⁹ and 2 assessed patient-related outcomes.^{49,50} The reported results were heterogeneous, with 1 study reporting benefits for the laser group,²⁹ whereas in 2 studies the control group rendered better outcomes,^{48,50} and in another no differences between groups were found, although patients had less discomfort in the laser group.⁴⁹

The Er:YAG laser technology is the one that has shown higher potential for use in the treatment of periodontitis, because of its efficacy in removing subgingival plaque and calculus without significantly damaging the root surface.⁵¹ Its clinical efficacy has been recently evaluated in 2 systematic reviews. When used as monotherapy in comparison with SRP, the meta-analysis did not reveal significant differences in clinical outcomes, both at 6 and 12 months posttreatment.⁵² Similarly, the systematic review by Schwarz et al⁴² demonstrated similar outcomes when evaluating RCTs comparing Er:YAG laser with SRP, although no meta-analysis could be performed. In the past 2 years, 3 RCTs using Er:YAG laser have been published. In one study, the use of Er:YAG alone

was compared with a sonic scaler in the treatment of residual pockets by evaluating changes in BOP and patient-related outcomes. No differences between groups were found in terms of BOP reductions, although patients referred less pain with the use of the Er:YAG laser.⁵³ The other 2 studies^{54,55} compared the clinical efficacy of using Er:YAG laser alone with SRP alone, or the combination of both, using as a negative control the supragingival debridement or the absence of treatment. The combination of Er:YAG with SRP did not render better clinical results than SRP alone, although this combination was significantly better than using Er:YAG alone.^{54,55}

Er, Cr:YSGG lasers improve hard tissue ablation and can remove calculus without producing any visible morphologic alteration on the root surface.⁵⁶ Only 1 RCT has evaluated Er, Cr:YGG laser, as an adjunct to SRP, when compared with standard root debridement with hand and ultrasonic instruments. After 12 months, the laser group showed significant PPD and BOP reductions, as well as CAL gains.⁵⁷

Similarly, 1 RCT evaluated the adjunctive use of a potassium-titanyl-phosphate (KTP) laser, 6 weeks after treatment, and the results showed that the combination of this type of laser with SRP (with conventional instruments) and chlorhexidine, achieved similar clinical results to those of SRP plus povidone-iodine.⁵⁸

NEW TREATMENT PROTOCOLS IN THE NONSURGICAL THERAPY OF PERIODONTITIS

Traditionally, initial periodontal treatment was rendered in scheduled sessions (usually at weekly intervals) of SRP with either hand or ultrasonic instruments.³ In 1995, researchers from the University of Leuven proposed the therapeutic concept of full-mouth disinfection (FMD).⁵⁹ This mode of periodontal therapy consisted of SRP of all pockets combined with the topical application of chlorhexidine, within 24 hours (usually in 2 sessions on 2 consecutive days). This

TABLE 6. Main findings of publications on SRP approaches

| Ist author | Year | Clinical variables | Main conclusion |
|------------|------|-------------------------------------|--|
| Knöfler | 2011 | BOP, PPD, CAL, microbiology (qPCR) | FMSRP compared with SRP was not favorable in reduction of periodontopathogens. |
| Pera | 2011 | PI, GI, BOP, PPD, REC, CAL | Triclosan/copolymer-containing dentifrices can promote additional clinical benefits to 1-stage FMUD in the treatment of generalized severe chronic periodontitis. |
| Santos | 2012 | PI, SUP, BOP, PPD, CAL, GCF (ELISA) | SRP and FMSRP promoted benefits in clinical parameters and showed a similar modulation of cytokines and osteoclastogenesis-related factors at 12 months in type 2 diabetic subjects. |
| Zijngge | 2011 | PI, BOP, PPD, microbiology (PCR) | FMSRP and SRP result in overall clinically and microbiologically comparable outcomes. Recolonization of periodontal lesions may be better prevented by FMSRP. |

BOP, bleeding on probing; CAL, clinical attachment level; FMSRP, full-mouth scaling and root planing; FMUD, full-mouth ultrasonic disinfection; GCF, gingival crevicular fluid; GI, gingival index; PCR, polymerase chain reaction; PI, plaque index; PPD, probing pocket depth; REC, recession; qPCR, real-time PCR; SRP, scaling and root planing; SUP, suppuration.

therapy aimed to avoid bacterial translocation to already treated sites, from other oral niches (tongue, mucosa, saliva) and from untreated periodontal pockets. This protocol has been extensively evaluated by the Leuven research group, either with the adjunctive use of antiseptics,⁶⁰⁻⁶² or without (full-mouth SRP [FMSRP]).^{63,64} These studies have reported significant improvements in clinical outcomes for both FMD and FMSRP, when compared with conventional staged debridement (CSD). When this protocol has been evaluated by other research groups, significant differences with standard root debridement protocols were not achieved.⁶⁵⁻⁶⁷ Another reported modification of this protocol, also based of the FMD concept, consisting of FMSRP in a single session with an ultrasonic device. When compared with SRP at weekly intervals using hand instruments, it has shown comparable results, although the time needed to close a pocket (reduce PPD to less than 5 mm without bleeding) was shorter with FMSRP (3.3 minutes versus 8.8 minutes).⁶⁸ This full-mouth therapeutic concept has been analyzed in 2 systematic reviews. Eberhard et al⁶⁹ included 7 RCTs using the FMD or FMSRP approach, and CSD as control, with a follow-up period of at least 3 months in patients with chronic periodontitis. Although the FMD protocol rendered higher PPD reductions compared with the CSD in sites with an initial PPD of 5 to 6 mm in single-rooted teeth, they concluded that all 3 interventions could result in improvements in clinical outcomes. Lang et al⁷⁰ assessed the clinical and microbiological outcomes of FMD or FMSRP versus CSD after a follow-up period of at least 6 months in patients with chronic periodontitis, including 12 RCTs. Although statistically significant differences favoring FMD or FMSRP were found, when compared with CSD, the authors considered these differences of small magnitude. In terms of microbiological outcomes, mainly owing to technical differences, the results from the different studies could not be compared. In summary, there was no treatment approach that could be recommended, as all 3

modalities rendered good results provided the adequate preventive measurements were achieved. Both reviews agreed that the choice of one or other treatment modality should be based on patient preferences, professional skills, logistic settings, and cost-effectiveness.

In the past 2 years, 4 further RCTs have been published.⁷¹⁻⁷⁴ **Tables 5 and 6** summarize their study design and main results. Two studies reported the clinical and microbiological efficacy of FMSRP when compared with CSD.^{72,74} Zijngge et al⁷⁴ concluded that FMSRP and CSD did not result in different clinical outcomes (PPD and BOP) at the 3-month follow-up. Similarly, the bacterial recolonization patterns, by assessing the frequencies of detection of 5 periodontal pathogens by polymerase chain reaction (PCR) analysis, were similar between both treatment groups. Knöfler et al,⁷² in a 12-month RCT, concluded that FMSRP and CSD lead to similar effects on target periodontal pathogens (*Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia*, and *Treponema denticola*), also analyzed by real-time PCR.

Santos et al⁷¹ evaluated the potential clinical and immunological benefit of FMSRP (2 sessions within 24 hours), when compared with CSD (4 sessions within 21 days) in patients with type 2 diabetes. They concluded that both protocols were equally efficient in clinical outcomes and also showed a similar response in terms of inflammatory markers. Finally, Pera et al⁷³ carried out an RCT designed to assess the impact of a preventive treatment during 6 months based on the use of a triclosan/copolymer dentifrice, after 1-stage full-mouth ultrasonic debridement. The adjunctive use of this toothpaste promoted additional clinical benefits, especially in sites with initial PPD greater than 7 mm.

DISCUSSION

Despite significant advancements in our knowledge of periodontal disease pathogenesis and the factors affecting the outcome of periodontal therapy, the traditional approach of biofilm and calculus removal by root surface instrumentation continues to be the standard mode of periodontal therapy. In fact, our improved knowledge, mainly derived from biofilm research, has emphasized the importance of mechanical debridement of biofilm and calculus in the attainment of significant clinical and microbiological outcomes.

In 1996, Cobb³ provided a good overview of the state of the art in classical mechanical nonsurgical periodontal therapy, establishing its efficacy and its limitations and providing guidelines for future research, such as the evaluation of a patient's related outcomes, cost-effectiveness, and the development of more effective instruments aimed for sites with difficult access and for reducing the operator's effort. The attainment of these goals was later evaluated in 2 systematic reviews that selected studies comparing manual versus powered instrumentation.^{5,9} In both reviews, similar clinical results were attained with either manual or power-driven instrumentation and the importance of adequate calculus and subgingival biofilm debridement, together with good supragingival plaque control by the patient, was emphasized.⁴

In the VII European Workshop in Periodontology (2008), the innovations in nonsurgical periodontal therapy were extensively reviewed and critically analyzed.² When evaluating the advances in power-driven instrumentation¹⁰ and the efficacy of lasers,⁴² the Workshop Consensus Report concluded the following:

- (1) new instruments or technologies should be evaluated in RCT, independently from the companies that produce them;
- (2) clinical studies should report the working conditions of the instruments used;
- (3) patient-centered outcomes are needed, such as pain or discomfort;
- (4) the role of cavitation and microstreaming in removing the biofilm remain to be established.

The present evidence-based review has aimed to update the available scientific evidence in nonsurgical periodontal therapy since this European Workshop. The analysis of RCTs published in the past 2 years has further emphasized the similar clinical outcomes achieved when hand and power-driven instruments are compared. Most of the advances in the instrumentation systems tested were based on modifications of instrument tip design, as well as the use of endoscopic technology, to improve access and to remove calculus more efficiently. Although the available studies have not demonstrated a significant added value with the new instruments,

they were probably not adequately designed to evaluate these enhanced properties.

The improvements in power-driven devices, mainly with the development of high-frequency piezoelectric ultrasonic units, have shown that although the attained clinical outcomes are similar when compared with either manual SRP or with conventional power-driven devices, they need less time and are softer to the patient's roots. The introduction of new ultrasonic technologies, such as the Vector system, however, did not result in improved clinical outcomes and needed longer treatment times to reach similar results when compared with conventional SRP. The advent of the Perioscan, which allows for consecutive instrumentation and calculus detection, has not been evaluated properly and we currently do not have clinical trials assessing whether the improved calculus-detection capabilities imply better clinical outcomes. The adjunctive use of improved topical anesthetic techniques, such as EMLA, improved the patient-related outcomes, because patients experienced less pain and discomfort when compared with standard modes of instrumentation. Although these results are encouraging, they are derived from a few studies with small sample sizes and short evaluation periods. There is a clear need for RCTs with adequate study designs and adherence to the CONSORT guidelines so as to properly assess the benefits of these new technologies in periodontal instrumentation.

The most active area of research in nonsurgical periodontal therapy, in the past 2 years, has been the therapeutic use of lasers and, because there are many applications of laser in dentistry, it is important to focus on those with clear indications in the treatment of periodontitis. In general, soft tissue lasers are not able to remove dental biofilm or calculus and, hence, they should not be indicated in periodontal therapy, in spite of the many companies suggesting that diode lasers and Nd:YAG lasers are indicated as an alternative to SRP. Moreover, these applications of laser can cause unwanted thermal changes in the root surfaces or the bone when applied directly over these surfaces. The laser application that has rendered better results in the treatment of periodontitis has been the Er:YAG. Its efficacy has been proved both as monotherapy and as an adjunct to SRP, with both hand or power-driven instruments, attaining similar results to those achieved with conventional SRP. It is important to realize that when Er:YAG lasers are used as sole treatment, more time will be needed, and this time could be reduced if laser is combined with a previous conventional debridement. Although the scientific evidence does not demonstrate that Er:YAG laser application achieves superiority in both clinical or microbiological outcomes when compared with conventional periodontal instrumentation, the results on patient-related outcomes have shown a clear preference by the patient for the laser application and the need for less anesthesia. Although 14 RCTs have been published in the past 2 years testing different laser

applications for this clinical indication, there is still a need for further high-quality clinical research to evaluate the real capability of laser applications to remove biofilm and calculus and to ascertain the most appropriate laser application that provides better long-term clinical outcomes.

Other new technologies, such as the spray of glycine, have been proposed as an alternative to remove calculus and biofilm. The studies testing this technology were mainly focused on the treatment of residual pockets during SPT, and they showed similar results to conventional SRP, but with a better acceptance by the patients. These preliminary encouraging results indicate that the use of advance debridement technologies, such as nonabrasive powder sprays or laser applications in combination with conventional root instrumentation, may provide good long-term results with minimal disturbance for the patient. There is a need for further well-designed clinical trials to test these hypotheses.

New treatment protocols with the objective of providing enhanced clinical and microbiological outcomes in less therapeutic time have been tested in the past 2 decades. The FMD therapeutic concept, with or without the use of topical antimicrobials, has demonstrated that it is at least as effective as the conventional staged approach, although in many studies demonstrating clear benefits from the microbiological and cost-effective points of view. The conventional staged approach, however, may also have advantages in terms of attaining the appropriate motivation and efficacy in oral hygiene practices, which in many patients require treatment time and appropriate feedback and evaluation. It is, therefore, suggested that each practitioner should adopt the treatment protocol better suited for his or her needs and capabilities, as well as for the patient's needs, as the scientific evidence demonstrated that both FMD and conventional SRP, when performed correctly, and with the appropriate patient's compliance, provide similar outcomes.

CONCLUSIONS

Nonsurgical periodontal therapy is an efficacious mode of therapy for patients with periodontitis, irrespective of the instrument used or the treatment protocol performed. Many new technologies are available in the market and most have not been properly tested in clinical research, but all in general have demonstrated similar clinical outcomes to conventional SRP, with either curettes or power-driven instruments. All these new protocols and technologies, however, have shown improved patient-related outcomes and, in some, improved cost-effectiveness.

REFERENCES

1. Stoodley P, Sauer K, Davies DG, Costerton JW. Biofilms as complex differentiated communities. *Annu Rev Microbiol* 2002;56:187-209.
2. Sanz M, Teughels W. Innovations in non-surgical periodontal therapy: consensus report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2008;35(Suppl.8):3-7.
3. Cobb CM. Non-surgical pocket therapy: mechanical. *Ann Periodontol* 1996;1:443-90.
4. van der Weijden GA, Timmerman MF. A systematic review on the clinical efficacy of subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl.3):55-71; discussion 90-1.
5. Hallmon WW, Rees TD. Local anti-infective therapy: mechanical and physical approaches. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:99-114.
6. Adriaens PA, Adriaens LM. Effects of nonsurgical periodontal therapy on hard and soft tissues. *Periodontol* 2000 2004;36:121-45.
7. Suvan JE. Effectiveness of mechanical nonsurgical pocket therapy. *Periodontol* 2000 2005;37:48-71.
8. Lea SC, Walmsley AD. Mechano-physical and biophysical properties of power-driven scalers: driving the future of powered instrument design and evaluation. *Periodontol* 2000 2009;51:63-78.
9. Tunkel J, Heinecke A, Flemming T. A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl. 3):72-81.
10. Walmsley AD, Lea SC, Landini G, Moses AJ. Advances in power driven pocket/root instrumentation. *J Clin Periodontol* 2008;35(Suppl.8):22-8.
11. Bower RC. Furcation morphology relative to periodontal treatment. Furcation root surface anatomy. *J Periodontol* 1979;50(7):366-74.
12. Heitz-Mayfield LJ, Trombelli L, Heitz F, Needleman I, Moles D. A systematic review of the effect of surgical debridement vs non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl. 3):92-102; discussion 60-2.
13. Oda S, Nitta H, Setoguchi T, Izumi Y, Ishikawa I. Current concepts and advances in manual and power-driven instrumentation. *Periodontol* 2000 2004;36:45-58.
14. Casarin RCV, Bittencourt S, Del Peloso Ribeiro E, Nociti FH, Sallum AW, Sallum EA, et al. Influence of immediate attachment loss during instrumentation employing thin ultrasonic tips on clinical response to nonsurgical periodontal therapy. *Quintessence Int* 2010;41:249-56.
15. Muhney KA, Dechow PC. Patients' perception of pain during ultrasonic debridement: a comparison between piezoelectric and magnetostrictive scalers. *J Dent Hyg* 2010;84(4):185-9.
16. Chung JE, Koh SA, Kim TI, Seol YJ, Lee YM, Ku Y, et al. Effect of eutectic mixture of local anesthetics on pain perception during scaling by ultrasonic or hand instruments: a masked randomized controlled trial. *J Periodontol* 2011;82(2):259-66.
17. Pandit N, Gupta R, Chandoke U, Gugnani S. Comparative evaluation of topical and electronic anesthesia during scaling and root planing. *J Periodontol* 2010;81(7):1035-40.
18. Slot DE, Koster TJ, Paraskevas S, Van der Weijden GA. The effect of the Vector scaler system on human teeth: a systematic review. *Int J Dent Hyg* 2008;6(3):154-65.
19. Guentsch A, Preshaw PM. The use of a linear oscillating device in periodontal treatment: a review. *J Clin Periodontol* 2008;35(6):514-24.
20. Meissner G, Oehme B, Strackeljan J, Kocher T. Clinical subgingival calculus detection with a smart ultrasonic device: a pilot study. *J Clin Periodontol* 2008;35(2):126-32.

21. Kontturi-Narhi V, Markkanen S, Markkanen H. Effects of airpolishing on dental plaque removal and hard tissues as evaluated by scanning electron microscopy. *J Periodontol* 1990;61(6):334-8.
22. Petersilka GJ, Bell M, Mehl A, Hickel R, Flemmig TF. Root defects following air polishing. *J Clin Periodontol* 2003;30(2):165-70.
23. Moene R, Decaillet F, Andersen E, Mombelli A. Subgingival plaque removal using a new air-polishing device. *J Periodontol* 2010;81(1):79-88.
24. Wennstrom JL, Dahlen G, Ramberg P. Subgingival debridement of periodontal pockets by air polishing in comparison with ultrasonic instrumentation during maintenance therapy. *J Clin Periodontol* 2011;38(9):820-7.
25. Geisinger ML, Mealey BL, Schoolfield J, Mellonig JT. The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope. *J Periodontol* 2007;78(1):22-8.
26. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. *J Periodontol* 2006;77(4):545-64.
27. Folwaczny M, Mehl A, Aggstaller H, Hickel R. Antimicrobial effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces: an in vitro study. *J Clin Periodontol* 2002;29(1):73-8.
28. Aoki A, Sasaki KM, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol* 2000 2004;36:59-97.
29. Aykol G, Baser U, Maden I, Kazak Z, Onan U, Tanrikulu-Kucuk S, et al. The effect of low-level laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment. *J Periodontol* 2011;82(3):481-8.
30. Pinheiro SL, Donega JM, Seabra LM, Adabo MD, Lopes T, do Carmo TH, et al. Capacity of photodynamic therapy for microbial reduction in periodontal pockets. *Lasers Med Sci* 2010;25(1):87-91.
31. Soukos NS, Goodson JM. Photodynamic therapy in the control of oral biofilms. *Periodontol* 2000 2011;55(1):143-66.
32. Cobb CM, Low SB, Coluzzi DJ. Lasers and the treatment of chronic periodontitis. *Dent Clin North Am* 2010;54(1):35-53.
33. Green J, Weiss A, Stern A. Lasers and radiofrequency devices in dentistry. *Dent Clin North Am* 2011;55(3):585-97.
34. Jepsen S, Deschner J, Braun A, Schwarz F, Eberhard J. Calculus removal and the prevention of its formation. *Periodontol* 2000 2011;55(1):167-88.
35. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA, Mizutani K, Sasaki KM, Izumi Y. Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontol* 2000 2009;50:90-126.
36. Schwarz F, Aoki A, Sculean A, Becker J. The impact of laser application on periodontal and peri-implant wound healing. *Periodontol* 2000 2009;51:79-108.
37. Rossmann JA, Cobb CM. Lasers in periodontal therapy. *Periodontol* 2000 1995;9:150-64.
38. Slot DE, Kranendonk AA, Paraskevas S, Van der Weijden F. The effect of a pulsed Nd:YAG laser in non-surgical periodontal therapy. *J Periodontol* 2009;80(7):1041-56.
39. Israel M, Cobb CM, Rossmann JA, Spencer P. The effects of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 1997;24(9 Pt 1):595-602.
40. Barone A, Covani U, Crespi R, Romanos GE. Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol* 2002;73(4):370-3.
41. Karlsson MR, Diogo Lofgren CI, Jansson HM. The effect of laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment in subjects with chronic periodontitis: a systematic review. *J Periodontol* 2008;79(11):2021-8.
42. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A. Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35(8 Suppl):29-44.
43. Slot DE, Kranendonk AA, Van der Reijden WA, Van Winkelhoff AJ, Rosema NA, Schulein WH, et al. Adjunctive effect of a water-cooled Nd:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2011;38(5):470-8.
44. Eltas A, Orbak R. Effect of 1,064-nm Nd:YAG laser therapy on GCF IL-1 beta and MMP-8 levels in patients with chronic periodontitis. *Lasers Med Sci* 2012;27(3):543-50.
45. Gomez C, Dominguez A, Garcia-Kass AI, Garcia-Nunez JA. Adjunctive Nd:YAG laser application in chronic periodontitis: clinical, immunological, and microbiological aspects. *Lasers Med Sci* 2011;26(4):453-63.
46. Qadri T, Poddani P, Javed F, Tuner J, Gustafsson A. A short-term evaluation of Nd:YAG laser as an adjunct to scaling and root planing in the treatment of periodontal inflammation. *J Periodontol* 2010;81(8):1161-6.
47. Qadri T, Javed F, Poddani P, Tuner J, Gustafsson A. Long-term effects of a single application of a water-cooled pulsed Nd:YAG laser in supplement to scaling and root planing in patients with periodontal inflammation. *Lasers Med Sci* 2011;26(6):763-6.
48. De Micheli G, de Andrade AK, Alves VT, Seto M, Pannuti CM, Cai S. Efficacy of high intensity diode laser as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci* 2011;26(1):43-8.
49. Lin J, Bi L, Wang L, Song Y, Ma W, Jensen S, et al. Gingival curettage study comparing a laser treatment to hand instruments. *Lasers Med Sci* 2011;26(1):7-11.
50. Cappuyns I, Cionca N, Wick P, Giannopoulou C, Mombelli A. Treatment of residual pockets with photodynamic therapy, diode laser, or deep scaling. A randomized, split-mouth controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 2012;27(5):979-86.
51. Herrero A, Garcia-Kass AI, Gomez C, Sanz M, Garcia-Nunez JA. Effect of two kinds of Er:YAG laser systems on root surface in comparison to ultrasonic scaling: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2010;28(4):497-504.
52. Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A. Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2012;27(3):661-73.
53. Braun A, Jepsen S, Deimling D, Ratka-Kruger P. Subjective intensity of pain during supportive periodontal treatment using a sonic scaler or an Er:YAG laser. *J Clin Periodontol* 2010;37(4):340-5.
54. Lopes BM, Theodoro LH, Melo RF, Thompson GM, Marcantonio RA. Clinical and microbiologic follow-up evaluations after non-surgical periodontal treatment with erbium:YAG laser and scaling and root planing. *J Periodontol* 2010;81(5):682-91.
55. Rotundo R, Nieri M, Cairo F, Franceschi D, Mervelt J, Bonaccini D, et al. Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. *J Clin Periodontol* 2010;37(6):526-33.
56. Kimura Y, Yu DG, Kinoshita J, Hossain M, Yokoyama K, Murakami Y, et al. Effects of erbium, chromium:YSGG laser irradiation on root surface: morphological and atomic analytical studies. *J Clin Laser Med Surg* 2001;19(2):69-72.

57. Kelbauskienė S, Baseviciene N, Goharkhay K, Moritz A, Machiulskienė V. One-year clinical results of Er,Cr:YSGG laser application in addition to scaling and root planing in patients with early to moderate periodontitis. *Lasers Med Sci* 2011;26(4):445-52.
58. Romeo U, Palaia G, Botti R, Leone V, Rocca JP, Polimeni A. Non-surgical periodontal therapy assisted by potassium-titanyl-phosphate laser: a pilot study. *Lasers Med Sci* 2010;25(6):891-9.
59. Quirynen M, Bollen CM, Vandekerckhove BN, Dekeyser C, Papaioannou W, Eysen H. Full- vs. partial-mouth disinfection in the treatment of periodontal infections: short-term clinical and microbiological observations. *J Dent Res* 1995;74(8):1459-67.
60. Bollen CM, Mongardini C, Papaioannou W, van Steenberghe D, Quirynen M. The effect of a one-stage full-mouth disinfection on different intra-oral niches. Clinical and microbiological observations. *J Clin Periodontol* 1998;25(1):56-66.
61. Mongardini C, van Steenberghe D, Dekeyser C, Quirynen M. One stage full- versus partial-mouth disinfection in the treatment of chronic adult or generalized early-onset periodontitis. I. Long-term clinical observations. *J Periodontol* 1999;70(6):632-45.
62. Vandekerckhove BN, Bollen CM, Dekeyser C, Darius P, Quirynen M. Full- versus partial-mouth disinfection in the treatment of periodontal infections. Long-term clinical observations of a pilot study. *J Periodontol* 1996;67(12):1251-59.
63. Quirynen M, Mongardini C, de Soete M, Pauwels M, Coucke W, van Eldere J, et al. The role of chlorhexidine in the one-stage full-mouth disinfection treatment of patients with advanced adult periodontitis. Long-term clinical and microbiological observations. *J Clin Periodontol* 2000;27(8):578-89.
64. Quirynen M, De Soete M, Boschmans G, Pauwels M, Coucke W, Teughels W, et al. Benefit of "one-stage full-mouth disinfection" is explained by disinfection and root planing within 24 hours: a randomized controlled trial. *J Clin Periodontol* 2006;33(9):639-47.
65. Apatzidou DA, Kinane DF. Quadrant root planing versus same-day full-mouth root planing. *J Clin Periodontol* 2004;31(3):152-9.
66. Jervøe-Storm P-M, Semaan E, Al-Ahdab H, Engel S, Fimmers R, Jepsen S. Clinical outcomes of quadrant root planing versus full-mouth root planing. *J Clin Periodontol* 2006;33(3):209-15.
67. Koshy G, Kawashima Y, Kiji M, Nitta H, Umeda M, Nagasawa T, et al. Effects of single-visit full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant-wise ultrasonic debridement. *J Clin Periodontol* 2005;32(7):734-43.
68. Wennström JL, Tomasi C, Bertelle A, Dellasega E. Full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant scaling and root planing as an initial approach in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2005;32(8):851-9.
69. Eberhard J, Jervøe-Storm PM, Needleman I, Worthington H, Jepsen S. Full-mouth treatment concepts for chronic periodontitis: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35(7):591-604.
70. Lang NP, Tan WC, Krähenmann MA, Zewahlen M. A systematic review of the effects of full-mouth debridement with and without antiseptics in patients with chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2008;35:8-21.
71. Santos VR, Ribeiro FV, Lima JA, Miranda TS, Feres M, Bastos MF, et al. Partial- and full-mouth scaling and root planing in type 2 diabetic subjects: a 12-mo follow-up of clinical parameters and levels of cytokines and osteoclastogenesis-related factors. *J Periodontol Res* 2012;47(1):45-54.
72. Knöfler GU, Purschwitz RE, Eick S, Pfister W, Roedel M, Jentsch HFR. Microbiologic findings 1 year after partial- and full-mouth scaling in the treatment of moderate chronic periodontitis. *Quintessence Int* 2011;42(9):e107-17.
73. Pera C, Ueda P, Casarin R, Ribeiro FV, Pimentel SP, Casati MRZ, et al. Double-blind randomized clinical trial evaluating the effect of a triclosan/copolymer dentifrice on periodontal healing after one-stage full-mouth debridement. *J Periodontol* 2012;83(7):909-16.
74. Zijlstra V, Meijer HF, Lie M-A, Tromp JAH, Degener JE, Harmsen HJM, et al. The recolonization hypothesis in a full-mouth or multiple-session treatment protocol: a blinded, randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2010;37(6):518-25.

ARTÍCULO 2:

Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Matos R., Herrera D., Sanz M. (2015a) Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment in patients with chronic periodontitis: a randomised clinical trial. *Journal of Periodontology* 86: 527-535

Eficacia clínica del desbridamiento subgingival con el uso coadyuvante del láser de erbio: itrio-aluminio-granate en el tratamiento de pacientes con periodontitis crónica: ensayo clínico aleatorizado.

Objetivo: Evaluar la eficacia clínica de un nuevo protocolo de tratamiento de raspado y alisado radicular (RAR) que combina una sesión de ultrasonidos de boca completa con el láser de Er:YAG en pacientes con periodontitis crónica.

Material y métodos: Se llevó a cabo un ensayo clínico, de grupos paralelos, a simple ciego y con 12 meses de seguimiento en el que se incluyeron 40 pacientes con periodontitis crónica inicial-moderada que fueron aleatorizados al grupo test (RAR de toda la boca con ultrasonidos en una sesión seguido del uso del láser de Er:YAG en las bolsas con una profundidad de sondaje [PS] inicial $\geq 4,5$ mm en otra sesión una semana más tarde) o al grupo control (dos sesiones de RAR con ultrasonidos, separadas una semana). El cambio en la PS se consideró la variable respuesta principal y, como variables secundarias, los cambios en los niveles de inserción clínicos y la proporción de localizaciones con sangrado al sondaje. Los registros clínicos se llevaron a cabo en basal y a los 3, 6 y 12 meses tras el tratamiento. Los datos se analizaron con un análisis por intención de tratamiento y se empleó la prueba de ANOVA para detectar diferencias entre los grupos.

Resultados: Ambos tratamientos resultaron en una mejora clínica significativa. El grupo test consiguió, en comparación al grupo control a los 12 meses, una menor proporción de localizaciones con una $PS \geq 4,5$ mm (17,44% versus 22,83%, respectivamente; $p=0,004$) y una tendencia a una menor proporción de localizaciones con $PS \geq 4,5$ mm y sangrado al sondaje (9,78% versus 12,69%, respectivamente; $p=0,052$).

Conclusiones: Esta eficacia clínica añadida limitada puede justificar el uso de un protocolo que combina el desbridamiento de boca completa con ultrasonidos en una sesión y la terapia con láser en el tratamiento de pacientes con periodontitis crónica inicial-moderada.

Clinical Efficacy of Subgingival Debridement With Adjunctive Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet Laser Treatment in Patients With Chronic Periodontitis: A Randomized Clinical Trial

Ignacio Sanz-Sánchez,* Alberto Ortiz-Vigón,* Rita Matos,* David Herrera,* and Mariano Sanz*

Background: The efficacy of erbium:yttrium-aluminum-garnet (Er:YAG) laser application as an adjunct to subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis (CP) is controversial. This study assesses the efficacy of combining full-mouth subgingival debridement with Er:YAG laser application in the treatment of patients with CP.

Methods: In this 12-month, single-masked, parallel-group clinical trial, 40 patients with moderate CP were selected and randomly assigned to a test group (one session of full-mouth ultrasonic subgingival debridement followed 1 week later by Er:YAG application in sites with initial probing depths [PDs] of ≥ 4.5 mm) and a control group (two sessions of ultrasonic debridement within 1 week). The main outcome variable was change in PD; the secondary outcomes were change in clinical attachment level and proportion of sites with bleeding on probing. Outcomes were assessed at baseline and after 3, 6, and 12 months. Data were analyzed as intention to treat using analysis of variance to assess intergroup differences.

Results: Both treatments resulted in significant clinical improvements. The test group achieved, in comparison with the control, a significantly lower percentage of sites with PD ≥ 4.5 mm (17.44% versus 22.83%, respectively; $P = 0.004$) and a tendency for a lower percentage of sites with PD ≥ 4.5 mm and bleeding on probing (9.78% versus 12.69%; $P = 0.052$).

Conclusion: This limited added clinical effect may justify the use of a protocol combining full-mouth ultrasonic debridement with laser therapy in the treatment of initial moderate CP. *J Periodontol* 2015;86:527-535.

KEY WORDS

Chronic periodontitis; dental scaling; lasers, solid-state; periodontal index; periodontal pocket; ultrasonics.

Periodontitis is a chronic inflammatory disease caused by a complex polymicrobial infection that, if untreated, may result in breakdown of the periodontal tissues in susceptible individuals.¹ Ample evidence from intervention studies shows that mechanical root debridement significantly improves periodontal health by halting the progression of periodontal tissue breakdown.²⁻⁴ The standard mode of debridement, scaling and root planing (SRP), is carried out with curets, scalers, or ultrasonic instruments, which mechanically remove the subgingival biofilm and dislodge calculus from the affected roots. This therapy needs to be supplemented with the active patient's participation through strict oral hygiene measures. The efficacy of this therapy has been evaluated in various systematic reviews reporting significant reduction in probing depths (PDs) and gingival inflammation (bleeding on probing [BOP]), irrespective of the mode of instrumentation (manual or powered).⁵⁻⁷

Although SRP is usually rendered at different time intervals in different areas of the mouth (quadrants) with the aim of combining mechanical root debridement

* Periodontology, Faculty of Odontology, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain.

with reinforcement of the patient's oral hygiene practices, an alternative therapeutic concept, the full-mouth disinfection protocol, has been advocated to improve clinical and microbiologic outcomes. In this therapeutic approach, all root debridement, with the adjunctive use of antiseptic (chlorhexidine), is carried out in one or two visits within 24 to 48 hours, thus preventing bacterial recolonization from untreated sites.⁸ The efficacy of this protocol, however, did not achieve a significant added value compared with traditional SRP.^{9,10} Another alternative subgingival debridement protocol was proposed by Wennström et al.,¹¹ consisting of full-mouth ultrasonic scaling in one session and then, 3 months later, re-instrumentation of only those sites with residual PD ≥ 5 mm. Compared with conventional SRP, it showed similar clinical outcomes, but with obvious advantages in terms of patient comfort and treatment time.

Adjunctive laser treatment has been advocated for its inherent anti-infective and physical properties. Each laser device, however, has specific characteristics, depending on its wavelength and power of emission, resulting in different effects on the soft and hard tissues.¹² Among the lasers most frequently used in periodontics, diode lasers have effects mainly on soft tissues and have been used as adjuncts to mechanical debridement to disinfect periodontal pockets.^{13,14} Laser emission is frequently used in combination with a photosensitizer (so-called photodynamic therapy).¹⁴ Another laser device, the erbium:yttrium-aluminum-garnet (Er:YAG) laser, results in good absorption by both soft and hard tissues, including dentin and enamel, eliciting both photo-ablative and photo-thermic effects.¹⁵ In vitro studies have shown that this laser device does not damage the root surface and is able to remove calculus even more efficiently than ultrasonic devices.^{16,17} It may also include a feedback system based on a diode laser to allow the detection of subgingival calculus and its elimination by activating the laser emission. Depending on the feedback system and its threshold value adjustment, different outcomes can be expected.¹⁸

The clinical efficacy of Er:YAG lasers has been evaluated in several clinical trials, with conflicting results compared with the standard mode of therapy, SRP. Er:YAG laser treatment has been evaluated both as monotherapy for the treatment of periodontitis and as an adjunct to conventional SRP during the same visit. In most studies, the use of Er:YAG lasers did not provide an added benefit to the conventional treatment, and when the differences were statistically in favor of the laser groups, it was questionable whether they were clinically relevant.

In contrast, the adjunctive use of Er:YAG lasers has never been studied when the laser application is staged after SRP and applied only to initially deep

periodontal sites. The rationale of this treatment approach is based on best using the capacity of the Er:YAG laser to detect subgingival calculus when there is less inflammation and bleeding, thus improving its optical and ablative properties. This clinical trial, therefore, tests the efficacy of a treatment protocol combining full-mouth ultrasonic subgingival debridement with the application 1 week later of Er:YAG laser only in initially deep periodontal sites, compared with conventional ultrasonic debridement without the laser application. The objective of this clinical trial is to test the efficacy of this treatment protocol in patients with moderate chronic periodontitis (CP).

MATERIALS AND METHODS

Study Design

This 12-month, single-masked, parallel group clinical trial was conducted in the Graduate Periodontology Clinic of the University Complutense of Madrid, Spain. The research ethics committee (Clinical trials committee from the University Hospital of San Carlos, Madrid) approved the study protocol, and all participating patients signed informed consent. This study is registered in the World Health Organization International Clinical Trials Registry Platform (ISRCTN07764690).

Patients

After a screening visit from December 2008 to December 2009 including a full-mouth periodontal and radiographic evaluation, all patients fulfilling the following criteria were asked to participate: 1) diagnosis of early-to-moderate CP based on the presence of ≥ 4 teeth per quadrant with PD ≥ 4.5 mm and 30% to 50% radiographic bone loss in $>30\%$ of teeth;¹⁹ 2) no systemic diseases requiring antibiotic prophylaxis or other systemic medication that could affect the patient's clinical response; and 3) no periodontal treatment within the last 12 months or systemic antibiotic intake in the last 3 months. Sixty-two consecutive patients were screened, 44 fulfilled the inclusion criteria, and 40 (12 males, 28 females, aged 37 to 71 years; mean age: 52.8 years) agreed to participate by signing informed consent.

The sample size calculation was based on detecting a difference between groups of 0.5 mm in the main outcome variable (PD reduction) with an assumption of a common SD of 0.6 mm, α error of 0.05, and β error of 0.20. This analysis resulted in 36 patients; with the assumption of a reasonable number of dropouts (10%), 40 patients were included and randomized.

Outcome Variables

One masked examiner (AO-V), different from the operators (IS-S, RM), performed all measurements.

This examiner, before beginning the study, carried out a calibration session on five randomly selected patients, resulting in mean differences between repeated measurements of 0.6 mm for PD, with an intra-examiner reproducibility of 98% and 79% for differences ± 1 and ± 0.5 mm, respectively.

The clinical measurements were performed at baseline and after 3, 6, and 12 months with registration of the following outcome variables in all teeth at six sites per tooth. 1) PD recorded with an electronic probe[†] using a controlled force of 25 g and measured to the closest 0.5 mm. This electronic probing system has two description modes, the graphic display and the data mode. In the graphic display, it automatically segments PD in three categories: shallow (1 to 4 mm), moderate (5 to 6 mm), and deep (≥ 7 mm).²⁰ In the data mode, however, the moderate category starts when PD is ≥ 4.5 mm. In this investigation, PD ≥ 4.5 mm at baseline in the data mode (equivalent to ≥ 5 mm in the graphic display) was selected for laser application in the test group. 2) Recession calculated as the distance between the gingival margin (GM) and the cemento-enamel junction (CEJ) or the margin of the restoration. A negative value was given when the GM was located coronal to the CEJ. 3) Clinical attachment level (CAL) calculated as PD + recession. 4) BOP calculated as the presence/absence of bleeding within 15 seconds after probing.¹¹ 5) Plaque calculated as the absence/presence of plaque after staining with erythrosine.[‡]

Treatments

The participating patients were randomized to one of the two treatment regimens by means of a computer-generated random list. Allocation concealment was performed through the use of opaque sealed envelopes, and masking was ensured by having a study coordinator (DH), not involved in the execution of the study, register the treatment assignment.

Once the patients were entered into the study, they were provided with a medium-softness manual toothbrush[§] and instructed to brush their teeth twice per day using the modified Bass brushing technique. They were also prompted to perform interdental cleaning once daily with either dental floss or interdental brushes. These instructions were reinforced at the reevaluation visits depending on plaque accumulation.

All patients assigned to the test group were treated by the same operator (IS-S) and received full-mouth ultrasonic debridement + Er:YAG laser application in initially moderate and deep pockets 1 week later. The piezoceramic ultrasonic device^{||} with a scaling tip[¶] was used under profuse water irrigation and power settings from 50% to 80%. This session was timed for

45 to 60 minutes. One week later (day 7), sites with initial PD ≥ 4.5 mm were treated with the Er:YAG laser device using the feedback system.[#] The unit was set at 160 mJ and 10 Hz, a periodontal sapphire tip^{**} was inserted along the pocket until calculus was detected by the feedback system, and then the laser was discharged. The feedback system was set at 5 U, as recommended by the manufacturer. The tip was swiped along the root surface until no more subgingival calculus was detected. The time needed for the laser instrumentation was registered from the moment the laser was calibrated and the sapphire tip was mounted. The total treatment time for the test group resulted from adding the time needed for the full-mouth ultrasonic debridement and the laser application.

The patients in the control group were treated by a different well-trained operator (RM) and received full-mouth ultrasonic debridement delivered in two 45- to 60-minute sessions, in which the right quadrants were treated on the first day (day 0) and the left quadrants 7 days later. The total treatment time for the control group resulted from adding the minutes for each ultrasonic debridement session.

The decision to use two operators, one for each treatment procedure, was made to provide each treatment arm with the maximum level of expertise, although it is recognized that the presence of different operators may have interfered with the study design.

In both treatment groups, local anesthesia was applied only when requested by the patient. After completing the treatment phase, at each follow-up visit, all teeth were polished supragingivally with a rubber cup and low-abrasive polishing paste.^{††}

If, during the course of the study, any patient showed a loss of attachment ≥ 2 mm in ≥ 4 teeth or a periodontal abscess, the patient exited the study and was given standard periodontal therapy. Data from these patients were analyzed as if they were dropouts for any other reason (intention-to-treat analysis).

Data Analyses

Data were analyzed by intention to treat, thus accounting for all patients at each time point. The patient was considered the unit of analysis, and each outcome variable was reported at every visit by means and SDs. The primary outcome variable was change in PD. Pockets were stratified at baseline as shallow (PD < 4.5 mm) and moderate-to-deep (PD ≥ 4.5 mm).

[†] Florida probe, Gainesville, FL.

[‡] Plac Control, DentaId, Barcelona, Spain.

[§] Vitis Medium Access, DentaId.

^{||} Mini Piezon EMS, Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland.

[¶] DS-001A, Electro Medical Systems.

[#] KaVo Key 3 Laser, KaVo, Biberach an der Riss, Germany.

^{**} Blue light wedge/1.003.8602, KaVo.

^{††} Copas y pasta de profilaxis, DentaFlux, Madrid, Spain.

Open pockets were defined as sites with PD ≥ 4.5 mm and BOP. The secondary outcome variables were changes in CAL and BOP. Plaque scores were considered confounding variables.

After checking normality using the Kolmogorov-Smirnov test, continuous variables were compared between groups by analysis of variance (ANOVA), using the treatment group as the factor and tobacco use, sex, and age as covariables. Differences in the mean proportions of moderate-to-deep and open pockets were analyzed using Mann-Whitney *U* test. All comparisons were analyzed^{††} using two tails and a significance level of <0.05 for an adequate interpretation of the data. However, since multiple comparisons were made, the level of significance for changes between visits should be $P < 0.017$ (three comparisons) and within visits $P < 0.012$ (four comparisons) according to the Bonferroni correction.

RESULTS

All 40 patients completed the 6-month evaluation. Two patients in the test group and one in the control group were unable to attend the 1-year visit: one patient in the test group left the study due to the development of an osteosarcoma, and one patient in each group suffered progressive loss of attachment >2 mm in >4 teeth (Fig. 1).

The characteristics of the patient sample are summarized in Table 1. There were no significant differences with regard to sex, number of teeth, or proportion of smokers. The mean total time used in the test treatment protocol was 72 minutes (range, 55 to 90 minutes), with a mean laser application time of 23 minutes (range, 15 to 40 minutes). In the control group, the treatment time was preset to two sessions of 45 to 60 minutes each, resulting in a mean total time of 99 minutes (range, 90 to 120 minutes).

Primary Outcome

Table 2 depicts the mean values for PD at each time point for all sites. Although a significant mean reduction could be observed for both groups, no statistically significant differences were found between the test and control treatments. When comparing the PD changes between baseline and 12 months, a significant reduction was observed in both groups, with a mean reduction of 0.52 mm in the test group and 0.36 mm in the control group. These differences were not statistically significant.

In the moderate-to-deep PD category, both test and control groups also showed significant PD reductions (0.60 versus 0.49 mm, respectively). Differences between groups were not significant (Table 3).

The proportions of moderate-to-deep sites at baseline were similar in both test and control groups

(29.75% and 30.32%, respectively). After therapy, a notable reduction in the percentage of moderate-to-deep sites occurred in both groups, although only in the test group were these differences statistically significant at 6 months and 1 year, demonstrating almost twice the reduction as in the control group (11.86% versus 6.24%) (Table 3). At the 1-year visit, the percentage of sites with moderate-to-deep PD in the test group was significantly lower than in the control group (17.44% versus 22.83%; $P = 0.04$) (see supplementary Table 1 in online *Journal of Periodontology*).

The changes in the proportions of open pockets are depicted in Table 3. At baseline, both test and control groups had similar percentages (18.37% and 18.24%, respectively). In the test group, there was a statistically significant reduction between baseline and 12 months (from 18.37% to 9.78%), whereas in the control group, this reduction was not significant (from 18.24% to 12.69%). At 12 months, there was a clear tendency for fewer open pockets in the test group than in the control group, although these differences were not statistically significant ($P = 0.052$).

Secondary Outcomes

Table 2 depicts the mean values of CAL at each time point. At baseline, the mean CAL was similar in the two groups. The mean CAL changes between baseline and 12 months were also similar in the two groups, with a mean reduction of 0.28 mm in the test and 0.15 mm in the control group.

Table 2 summarizes the mean values of BOP and plaque. At baseline, the mean percentages of BOP were similar in the two groups (64% test and 65% control). At 12 months, these percentages were 29% and 31%, respectively, with similar reductions occurring in both groups (Table 2). Similarly, the two groups had mean plaque scores of 62% and 61% at baseline, and there was a continuous reduction in plaque throughout the study, with 12-month plaque values of 27% and 25%, respectively (Table 2).

The analysis of the covariables demonstrated that tobacco smoking influenced the results for PD measurements at 3 to 12 months and CAL measurements at baseline and 6 months.

DISCUSSION

The results from this randomized clinical trial have shown that both treatment protocols were efficacious in the treatment of patients with CP and resulted in significant improvements in the main outcome measurement (PD change) and the reduction of the percentage of sites with BOP. In comparison with the control treatment group, the adjunctive application of Er:YAG laser in moderate-to-deep pockets after

^{††} Statgraphics, v.5.1, Statpoint Technologies, Warrenton, VA.

full-mouth ultrasonic debridement resulted in a significantly lower percentage of sites with moderate-to-deep PD ($P = 0.004$) and a tendency toward a lower percentage of open pockets (sites with PD ≥ 4.5 mm and BOP) ($P = 0.052$). Similarly, the mean PD reduction in the sites with initially moderate-to-deep PD in the test group was larger compared with the control group, although these differences were not statistically significant ($P = 0.08$).

This added clinical value of combining laser and ultrasonic mechanical debridement has also been reported in other investigations. Yilmaz et al.,²¹ who compared SRP alone and with Er:YAG or metronidazole in the treatment of patients with CP, reported

that the adjunctive use of Er:YAG resulted in significantly higher CAL gains and PD reductions at 3 months post-therapy. This significant added effect, however, was lost in subsequent visits. In contrast, other clinical trials failed to demonstrate a significant benefit of adjunctive Er:YAG laser application. In a split-mouth design, Rotundo et al.²² compared four treatment modalities (no treatment, laser alone, SRP + laser, and SRP alone), reporting that the use of laser alone was significantly inferior to SRP + laser and SRP alone. Similarly, Lopes et al.²³ could not find any differences between adjunctive laser application versus SRP alone or laser alone 12 months after treatment. The combination of Er:YAG and SRP has

also been compared to the use of Er:YAG alone, and no differences were reported for any of the clinical parameters at 1 year.²⁴

The application of Er:YAG as the only therapy in the treatment of CP has also been tested and compared with standard mechanical debridement by curets or ultrasonics. The study by Schwarz et al.²⁵ compared the Er:YAG laser (without a feedback system) with SRP using hand instruments. Significantly better results were reported in the laser group for BOP reductions and CAL gains after 3 and 6 months, and these differences were sustained in a subsequent publication reporting the 2-year outcomes.²⁶ Crespi et al.²⁷ reported significantly higher PD reductions and CAL gains at sites with initial PD ≥ 4 mm 2 years after treatment. Similarly, Badran et al.²⁸

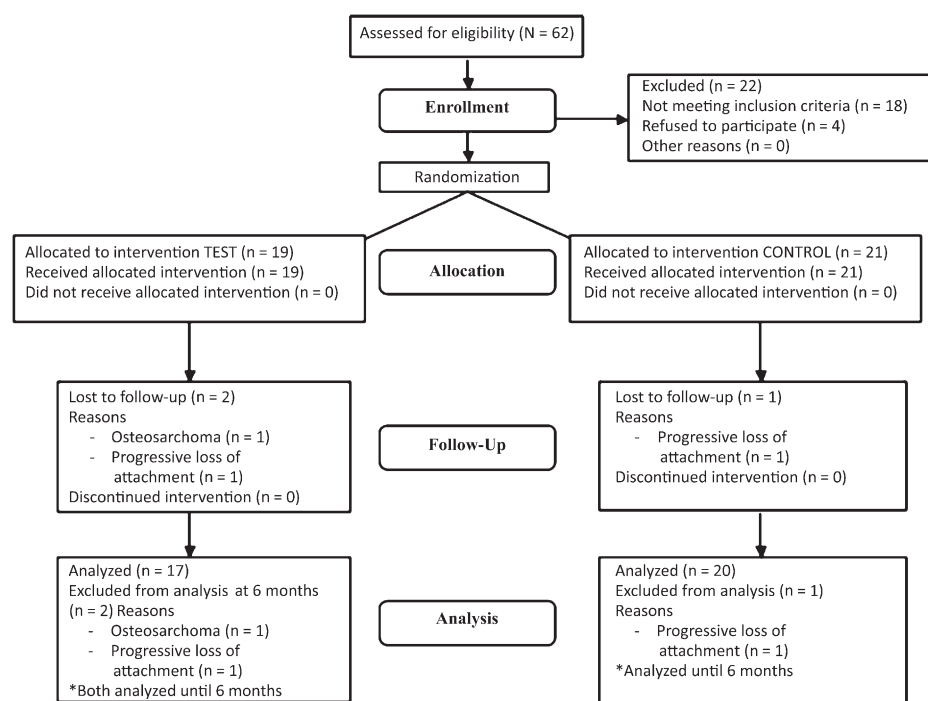


Figure 1.

Consolidated Standards of Reporting (CONSORT) flow diagram of the study. Asterisks indicate excluded patients followed until 6 months only.

Table 1.

Demographic Characteristics of the Patient Sample at Baseline

| Characteristic | Test Group | Control Group | Total |
|--|----------------|----------------|-------|
| Patients at baseline (n) | 19 | 21 | 40 |
| Age in years [mean (minimum, maximum)] | 48.5 (37, 71)* | 56.8 (39, 71)* | 52.8 |
| Sex, males/females (n) | 7/12 | 5/16 | 12/28 |
| Smokers (n) | 10 | 7 | 17 |
| Teeth (n) | 26.05 | 24.8 | 25.4 |

* Statistically significant difference between groups at baseline, $P < 0.027$.

Table 2.
Mean Values and Changes [Δ , mean (SD)] for All Sites at Different Time Points for the Clinical Variables

| | Baseline | | | 3 Months | | | 6 Months | | | 12 Months | | |
|----------|----------|-------|------|----------|--------|------|--------------|----|--------|-----------|--------------|--------------|
| | n | Mean | SD | n | Mean | SD | Δ | n | Mean | SD | Δ | Δ |
| PD (mm) | 19 | 3.07 | 0.31 | 19 | 2.62* | 0.31 | -0.5 (0.35) | 19 | 2.57* | 0.31 | -0.54 (0.35) | -0.52 (0.37) |
| | 21 | 3.11 | 0.32 | 21 | 2.65* | 0.32 | -0.41 (0.32) | 21 | 2.61* | 0.32 | -0.45 (0.37) | -0.36 (0.36) |
| CAL (mm) | 19 | 3.8 | 0.74 | 19 | 3.41* | 0.62 | -0.43 (0.35) | 19 | 3.46* | 0.65 | -0.36 (0.35) | -0.28 (0.44) |
| | 21 | 3.77 | 0.46 | 21 | 3.43* | 0.58 | -0.32 (0.32) | 21 | 3.46* | 0.53 | -0.29 (0.37) | -0.15 (0.41) |
| BOP (%) | 19 | 64.41 | 13.8 | 19 | 38.74* | 10.1 | -24 (13) | 19 | 32.8* | 9.7 | -30 (11) | -31 (12) |
| | 21 | 65.44 | 14.2 | 21 | 42.48* | 10.9 | -24 (12) | 21 | 36.58* | 9.6 | -30 (11) | -35 (11) |
| PI (%) | 19 | 61.66 | 14.1 | 19 | 33.84* | 9.8 | -29 (10) | 19 | 31.11* | 8.5 | -30 (9) | -30 (9) |
| | 21 | 60.53 | 14.2 | 21 | 37.38* | 9.5 | -22 (9) | 21 | 29.2* | 8.3 | -32 (8) | -38 (8) |

* Statistically significant intragroup difference from baseline (ANOVA for PD and CAL; Mann-Whitney U Test for BOP and PI).

compared laser to manual SRP, reporting significant differences in favor of the laser therapy only for CAL gains at 2 months. Conversely, other clinical trials using a similar design have failed to report significant differences comparing the use of Er:YAG laser to standard root debridement,^{15,29} or even inferior results for the laser therapy.³⁰ The systematic reviews combining the data of these clinical trials comparing laser to conventional SRP or Er:YAG laser as adjunctive therapy clearly failed to show statistically significant differences for any of the clinical parameters.^{31,32} The quality analysis of these studies also indicated that many of those that showed significant benefits for the laser therapy were classified as having a high risk of bias according to the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) guidelines.³¹

The application of Er:YAG lasers has also been studied for the treatment of residual pockets during maintenance therapy, without demonstrating a significant added effect.³³ Similarly, Tomasi et al.³⁴ could not demonstrate a sustained adjunctive effect of the feedback-controlled Er:YAG laser application during periodontal maintenance therapy. On the other hand, the Er:YAG laser was compared with conventional SRP for the treatment of residual pockets in patients who smoked without an added value for either clinical or microbiologic outcomes.³⁵

In this clinical trial, the overall treatment effect in both treatment groups was modest (PD reductions of 0.52 and 0.36 mm, respectively) and below the expected outcome used to calculate the sample size. These outcomes, however, may be explained by the studied population used, consisting of early-to-moderate CP with a mean PD at baseline of 3.07 mm and a relatively low percentage of moderate-to-deep pockets (30%). Both therapies, however, significantly reduced the main outcome measurements (PD and BOP), although without resulting in a significantly lower percentage of moderate-to-deep pockets. These differences, however, may not be due only to the added effect of the laser application, but rather to the fact that two different treatment protocols were compared.

In the tested treatment protocol, the Er:YAG laser was applied to only initially moderate-to-deep pockets, 1 week after full-mouth ultrasonic debridement. This protocol was based on the one proposed by Wennström et al.¹¹ consisting of full-mouth ultrasonic debridement in one session, but in this case the laser application to initially moderate-to-deep sites was added. The rationale of this protocol was intended to attain reduced inflammation within 1 week after full-mouth debridement and exploit the calculus feedback system for more effective calculus removal. The Er:YAG laser was applied only once, unlike other studies using similar laser or

Table 3.

Changes for Shallow (<4.5 mm) and Moderate-to-Deep (≥4.5 mm) PD, Percentage of Sites ≥4.5 mm, and Open Pockets (PD ≥4.5 + BOP) at Different Time Points [mean (SD)]

| | Test Group | | | | Control Group | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|----------------|------------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| | PD <4.5 mm | PD ≥4.5 mm | PD ≥4.5 mm (%) | Open Pockets (%) | PD <4.5 mm | PD ≥4.5 mm | PD ≥4.5 mm (%) | Open Pockets (%) |
| Baseline | 2.54 (0.31) | 5.69 (0.26) | 29.75 (9.2) | 18.37 (11.2) | 2.65 (0.32) | 5.72 (0.50) | 30.32 (10) | 18.24 (11.3) |
| Change from baseline to 3 months | -0.38 (0.31)* | -0.69 (0.31)* | -10.88 (8)* | -7.74 (8.1)* | -0.32 (0.32)* | -0.61 (0.46)* | -8.94 (8)* | -5.53 (8.2)* |
| Change from baseline to 6 months | -0.44 (0.31)* | -0.68 (0.31)* | -11.33 (7.6)* | -9.53 (7)* | -0.31 (0.32)* | -0.59 (0.46)* | -8.89 (7.6) | -7.09 (7) |
| Change from baseline to 12 months | -0.41 (0.33)* | -0.60 (0.29)* | -11.86 (8.6)* | -8.59 (6.3)* | -0.30 (0.31)* | -0.49 (0.45)* | -6.24 (8.5) | -5.55 (6.3) |

* Statistically significant intragroup difference (ANOVA for shallow and moderate-to-deep PD; Mann-Whitney U Test for percentage of sites ≥4.5 mm and open pockets).

photodynamic therapy that have recommended repeated application during several weeks.³⁶

One possible limitation of this clinical trial was the use of different treatment providers, one for each tested treatment protocol, and this difference may be responsible for the differences reported, since it is well established that proper subgingival instrumentation requires adequate manual skills and experience. Different operators were selected to avoid any operator bias, since it was impossible to mask the treatment groups to the operator. To reduce this operator bias, both treatment providers went through specific training sessions using their assigned treatment protocol and a calibrating session consisting of the treatment of 10 patients before initiation of the study. Another factor that may have influenced the results was that the moderate-to-deep pockets in the test group received two treatments, whereas in the control group they were treated just once, but the aim was not to compare the adjunctive treatment but rather two treatment protocols with a well-established rationale. Other possible limitations are probably related to the inaccuracy of probing, since although an electronic probing system was used, not using individual stents may have influenced the probe angulation and hence the reproducibility of the measurements. Similarly, differences between the outcomes in terms of mean values and frequency of presence for deep sites could be due to a non-symmetric distribution, which may compromise the assumptions. The difference between mean and frequency distribution could also be due to a problem of clustering of data, with some patients contributing many sites and others few.

CONCLUSIONS

Compared with full-mouth subgingival ultrasonic debridement, the tested treatment protocol, combining Er:YAG laser application in the moderate-deep PDs 1 week after full-mouth subgingival ultrasonic debridement, showed a significant added benefit at 1 year in terms of reducing the percentage of moderate-to-deep PD and a clear tendency in the reduction of open pockets. Although the results may justify the use of this protocol in the treatment of patients with early moderate periodontitis, a cost-benefit analysis should be carefully considered in light of the high investment needed for the laser application, which may not justify this limited added benefit. These results must also be considered with caution in light of the limitations of this clinical trial, namely the limited sample size and the differences between the tested treatment protocols, which may complicate a direct comparative analysis.

In summary, the results of this clinical trial have demonstrated that both non-surgical periodontal

treatment protocols were effective in significantly improving the clinical outcomes (PD and BOP reductions) in patients with early moderate CP for at least 1 year, although this study failed to demonstrate any clinically significant benefit when the adjunctive laser therapy was added to ultrasonic root debridement.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Professor Conchita Martín, Orthodontics, Faculty of Odontology, Complutense University of Madrid, for her assistance in the handling of the data and statistical analysis and to KaVo Dental, Biberach an der Riss, Germany, for providing the Er:YAG laser for this research. The study was self-funded by the Aetiology and Therapy of Periodontal Diseases Research Group, University Complutense, Madrid, Spain. The authors report no conflicts of interest related to this study.

REFERENCES

1. Sanz M, van Winkelhoff AJ; Working Group 1 of Seventh European Workshop on Periodontology. Periodontal infections: Understanding the complexity — Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2011;38(Suppl. 11):3-6.
2. Axelsson P, Lindhe J. Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. Results after 6 years. *J Clin Periodontol* 1981;8:239-248.
3. Knowles JW, Burgett FG, Nissle RR, Shick RA, Morrison EC, Ramfjord SP. Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level. Eight years. *J Periodontol* 1979;50:225-233.
4. Lindhe J, Nyman S. Long-term maintenance of patients treated for advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1984;11:504-514.
5. Tunkel J, Heinecke A, Flemmig TF. A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl. 3):72-81, discussion 90-91.
6. Van der Weijden GA, Timmerman MF. A systematic review on the clinical efficacy of subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29(Suppl. 3):55-71, discussion 90-91.
7. Hallmon WW, Rees TD. Local anti-infective therapy: Mechanical and physical approaches. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:99-114.
8. Quirynen M, Teughels W, van Steenberghe D. Impact of antiseptics on one-stage, full-mouth disinfection. *J Clin Periodontol* 2006;33:49-52.
9. Lang NP, Tan WC, Krähenmann MA, Zwahlen M. A systematic review of the effects of full-mouth debridement with and without antiseptics in patients with chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2008;35(Suppl. 8):8-21.
10. Eberhard J, Jervøe-Storm PM, Needleman I, Worthington H, Jepsen S. Full-mouth treatment concepts for chronic periodontitis: A systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35:591-604.
11. Wennström JL, Tomasi C, Bertelle A, Dellasega E. Full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant scaling and root planing as an initial approach in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2005;32:851-859.
12. Cobb CM. Lasers in periodontics: A review of the literature. *J Periodontol* 2006;77:545-564.
13. Cobb CM, Low SB, Coluzzi DJ. Lasers and the treatment of chronic periodontitis. *Dent Clin North Am* 2010;54:35-53.
14. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A. Laser application in non-surgical periodontal therapy: A systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35(Suppl. 8):29-44.
15. Sculean A, Schwarz F, Berakdar M, Romanos GE, Arweiler NB, Becker J. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation: A pilot study. *J Periodontol* 2004;75:966-973.
16. Schwarz F, Bieling K, Venghaus S, Sculean A, Jepsen S, Becker J. Influence of fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation, the Vector system and hand instruments on periodontally diseased root surfaces in vivo. *J Clin Periodontol* 2006;33:200-208.
17. Herrero A, García-Kass AI, Gómez C, Sanz M, García-Núñez JA. Effect of two kinds of Er:YAG laser systems on root surface in comparison to ultrasonic scaling: An in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2010;28:497-504.
18. Krause F, Braun A, Brede O, Eberhard J, Frentzen M, Jepsen S. Evaluation of selective calculus removal by a fluorescence feedback-controlled Er:YAG laser in vitro. *J Clin Periodontol* 2007;34:66-71.
19. Armitage GC. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Ann Periodontol* 1999;4:1-6.
20. Kaldahl WB, Kalkwarf KL, Patil KD, Molvar MP, Dyer JK. Long-term evaluation of periodontal therapy: I. Response to 4 therapeutic modalities. *J Periodontol* 1996;67:93-102.
21. Yilmaz S, Kut B, Gursoy H, Eren-Kuru B, Noyan U, Kadir T. Er:YAG laser versus systemic metronidazole as an adjunct to nonsurgical periodontal therapy: A clinical and microbiological study. *Photomed Laser Surg* 2012;30:325-330.
22. Rotundo R, Nieri M, Cairo F, et al. Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: A randomized split-mouth clinical trial. *J Clin Periodontol* 2010;37:526-533.
23. Lopes BM, Theodoro LH, Melo RF, Thompson GM, Marcantonio RA. Clinical and microbiologic follow-up evaluations after non-surgical periodontal treatment with erbium:YAG laser and scaling and root planing. *J Periodontol* 2010;81:682-691.
24. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J. Clinical evaluation of an Er:YAG laser combined with scaling and root planing for non-surgical periodontal treatment. A controlled, prospective clinical study. *J Clin Periodontol* 2003;30:26-34.
25. Schwarz F, Sculean A, Georg T, Reich E. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *J Periodontol* 2001;72:361-367.
26. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J. Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *J Periodontol* 2003;74:590-596.

27. Crespi R, Capparé P, Toscanelli I, Gherlone E, Romanos GE. Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment: A 2-year follow-up split-mouth clinical study. *J Periodontol* 2007;78:1195-1200.
28. Badran Z, Boutigny H, Struillou X, Weiss P, Laboux O, Soueidan A. Clinical outcomes after nonsurgical periodontal therapy with an Er:YAG laser device: A randomized controlled pilot study. *Photomed Laser Surg* 2012;30:347-353.
29. Malali E, Kadir T, Noyan U. Er:YAG lasers versus ultrasonic and hand instruments in periodontal therapy: Clinical parameters, intracrevicular micro-organism and leukocyte counts. *Photomed Laser Surg* 2012;30:543-550.
30. Soo L, Leichter JW, Windle J, et al. A comparison of Er:YAG laser and mechanical debridement for the non-surgical treatment of chronic periodontitis: A randomized, prospective clinical study. *J Clin Periodontol* 2012;39:537-545.
31. Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A. Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: Systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2012;27:661-673.
32. Zhao Y, Yin Y, Tao L, Nie P, Tang Y, Zhu M. Er:YAG laser versus scaling and root planing as alternative or adjuvant for chronic periodontitis treatment: A systematic review. *J Clin Periodontol* 2014;41:1069-1079.
33. Ratka-Krüger P, Mahl D, Deimling D, et al. Er:YAG laser treatment in supportive periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 2012;39:483-489.
34. Tomasi C, Schander K, Dahlén G, Wennström JL. Short-term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *J Periodontol* 2006;77:111-118.
35. Krohn-Dale I, Bøe OE, Enersen M, Leknes KN. Er:YAG laser in the treatment of periodontal sites with recurring chronic inflammation: A 12-month randomized, controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2012;39:745-752.
36. Bassir SH, Moslemi N, Jamali R, et al. Photoactivated disinfection using light-emitting diode as an adjunct in the management of chronic periodontitis: A pilot double-blind split-mouth randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2013;40:65-72.

Correspondence: Dr. Ignacio Sanz-Sánchez, Faculty of Odontology, Ciudad Universitaria, Plaza Ramón y Cajal, 3. 28040 Madrid, Spain. Fax: +34913941910; e-mail: ignaciosanz@mac.com.

Submitted July 30, 2014; accepted for publication December 2, 2014.

ARTÍCULO 3:

Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Herrera D., Sanz M. (2015b) Microbiological effects and recolonisation patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser. *Clinical Oral Investigations*. DOI: 10.1007/s00784-015-1617-y.

Efectos microbiológicos y patrones de recolonización tras el desbridamiento subgingival con el uso coadyuvante del láser de Er:YAG

Objetivo: Evaluar los efectos microbiológicos y los patrones de recolonización bacteriana después de un protocolo de tratamiento periodontal no quirúrgico basado en el uso coadyuvante del láser de erbio: itrio-aluminio-granate (Er:YAG).

Material y métodos: Los pacientes diagnosticados de periodontitis crónica fueron asignados de manera aleatoria a dos protocolos de tratamiento distintos: test, desbridamiento de boca completa con ultrasonidos seguido de la aplicación del láser una semana más tarde en las localizaciones con una profundidad de sondaje inicial $\geq 4,5$ mm; control: desbridamiento de boca completa con ultrasonidos en dos sesiones separadas una semana. Se registraron variables clínicas (en las localizaciones donde se tomaron muestras para el análisis microbiológico) y microbiológicas (por cultivo) en basal y a los 3 y 12 meses después del tratamiento. Las variables microbiológicas incluyeron el recuento total de bacterias, frecuencia de detección, proporciones y recuentos de las principales bacterias periodontales. Las unidades formadoras de colonias se transformaron en logaritmos. Las variables cuantitativas se compararon con el test de ANOVA, considerando la visita como el factor y el tabaco, edad y sexo como covariables, mientras que los cambios en las proporciones de las bacterias se evaluaron con pruebas de chi cuadrado.

Resultados: Se compararon los resultados de 19 pacientes en el grupo test y 21 en el control. Se observó un cambio mínimo en las unidades formadoras de colonias totales, sin diferencias entre grupos. Para la frecuencia de detección, se observó un impacto similar y limitado para la mayor parte (más del 80%) de las especies bacterianas periodontopatógenas estudiadas (*P. gingivalis*, *P. intermedia*, *F. nucleatum*). Hubo una reducción a los 3 meses en la proporción de *P. gingivalis*, tanto en el grupo test como en el control (de 16,3% a 10,0% y de 16,0% a 14,8%, respectivamente), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. A los 12 meses el grupo test obtuvo una significativa mayor reducción de la profundidad de sondaje en las localizaciones donde se tomaron las muestras ($p=0,01$).

Conclusiones: El uso coadyuvante del láser de Er:YAG, en comparación al desbridamiento convencional con ultrasonidos, no aportó un beneficio adicional desde el punto de vista microbiológico.

Microbiological effects and recolonization patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser

Ignacio Sanz-Sánchez¹ · Alberto Ortiz-Vigón¹ · David Herrera^{1,2} · Mariano Sanz^{1,2}

Received: 27 April 2015 / Accepted: 21 September 2015
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Abstract

Objectives The objective of this study was to assess the microbiological effects and recolonization patterns after non-surgical periodontal treatment protocol based on the adjunctive use of erbium-doped yttrium aluminium garnet (Er:YAG) laser.

Material and methods Patients diagnosed with chronic periodontitis were randomly assigned to two different treatment protocols: test, full-mouth subgingival ultrasonic instrumentation followed by Er-YAG laser application 1 week later to sites with initial probing pocket depth ≥ 4.5 mm; and control, full-mouth ultrasonic subgingival instrumentation within 1 week. Clinical (at sampled sites) and microbiological (culture-based) parameters were recorded at baseline and 3 and 12 months. Microbiological variables included total counts, frequency of detection, proportions and counts of target species.

Results Results from 19 test and 21 control patients were compared. Minor changes were observed for total colony-forming units, with no differences between groups. For the frequency of detection, a limited and similar impact in both groups was observed for the most prevalent (over 80 %) periodontal pathogens (*Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*). For proportions, reductions in *P. gingivalis* occurred at 3 months, both in the test and control groups (from 16.3 to 10 % and 16 to 14.8 %,

respectively), although these differences were not statistically significant. At 12 months, the test group showed a statistically significant greater reduction in probing depth for the sampled sites.

Conclusions The adjunctive use of Er:YAG laser when compared with conventional ultrasonic debridement did not provide a microbiological added benefit.

Clinical relevance Even though some clinical benefits with the adjunctive laser application were identified when comparing both treatment protocols, there were no differences in microbiological outcomes or in the bacterial recolonization patterns.

Keywords Erbium:YAG laser · Subgingival scaling · Chronic periodontitis · Periodontal pocket · Microbiota

Introduction

The current paradigm to explain the pathogenesis of periodontitis includes a microbial challenge that leads to a host inflammatory and immune response that is responsible of the changes in the connective tissue and bone metabolism leading to destruction and loss of periodontal attachment. This pathogenic pathway is, however, modulated by various systemic and environmental risk factors that will condition the individual susceptibility and disease progression [1–3].

Even though oral bacteria are not per se responsible of the destructive changes that characterize periodontitis, they are essential to develop the antigenic challenge that triggers and perpetuates the chronic inflammatory changes leading to tissue destruction. These bacteria are organized in highly structured communities (biofilms) adhered to tooth surfaces in close vicinity to the gingival margin. The pathogenic potential of these biofilms reside not only in their bacterial composition,

✉ Ignacio Sanz-Sánchez
ignaciosanz@mac.com

¹ Postgraduate Clinic in Periodontology, Faculty of Odontology, Universidad Complutense de Madrid, Plaza Ramón y Cajal S/N., 28040 Madrid, Spain

² ETEP (Etiology and Therapy of Periodontal Diseases) Research Group, University Complutense, Madrid, Spain

but rather their resistance to different environmental challenges, such as the presence of antimicrobial agents and their ability to withstand their physical dislodgement during oral hygiene practices [4–7]. Although there is controversy on the relative pathogenic role of specific bacterial pathogens versus a mere increase in the biofilm mass, there is clear evidence that several pathogens resident in the subgingival biofilm possess a series of virulence factors that facilitate their invasion through the natural tissue barriers and their evasion of the host immune and inflammatory defence mechanisms, thus stimulating the metabolic cascades leading to destruction of connective tissue and bone [8–10].

Based on this clear aetiological role, the treatment of periodontitis has been mainly focused on eliminating or significantly reducing the subgingival biofilm [6], and in fact, there is ample evidence that mechanical root debridement is able to halt the progression of attachment loss and to significantly reduce tooth loss [11–13]. The efficacy of this therapeutic concept has been evaluated in several systematic reviews demonstrating significant reductions in probing pocket depths and in gingival inflammation [14, 15]. However, these reviews have also shown that similar outcomes are achieved irrespective of the mode of root debridement (either with hand or mechanical instruments) [16, 17]. In the last two decades, alternative methods for root debridement have appeared, such as the use of different laser applications, but similarly their added value when compared with traditional mechanical debridement methods has not been demonstrated [18] and their possible adjunctive effect when combined with standard modes of root debridement has not been clearly elucidated.

Since the relative efficacy of laser devices lies on their specific mode of action according to their laser emission mode, more powerful laser devices have been developed with the goal of improving their efficacy in the treatment of periodontitis. The erbium-doped yttrium aluminium garnet (Er:YAG) laser has been specifically indicated for the non-surgical treatment of periodontitis due to its ablative and thermal properties, together with its calculus feedback mechanism [19]. The results from clinical trials when this laser device has been used both as monotherapy and as adjunctive to conventional mechanical debridement have been, however, controversial [20, 21]. Our research group recently compared two subgingival root debridement protocols, one combining full-mouth ultrasonic debridement and Er:YAG application only to initially deep pockets, versus full-mouth ultrasonic debridement, reporting that both treatments resulted in significant clinical improvements, although the laser group achieved significantly lower percentage of deep sites with bleeding on probing [22].

This possible added benefit of Er:YAG laser could be due either to a direct bactericidal effect or to a direct physical effect on the tissues. The possible antimicrobial effects of laser applications are also controversial, since Er:YAG lasers have shown bactericidal effects in vitro [23, 24] by eliminating

bacterial endotoxins from the root surface [25–27], but this microbiological efficacy has not been substantiated in clinical trials, which have reported conflicting results [28–33]. In fact, in most of the studies the use of Er:YAG lasers did not provide an added benefit to the conventional treatment in terms of the reduction of total bacteria or the main periodontal pathogens [28–30, 32, 33]. These studies, however, always applied the laser emission in conjunction with mechanical therapy, what makes difficult to assess its possible added effect, mainly the impact of laser emission in deep pockets, where mechanical debridement potentially has been less efficient.

It is, therefore, the objective of this clinical trial to evaluate the microbiological outcomes and the patterns of bacterial recolonization of a new treatment protocol, where the Er:YAG laser application is staged 1 week after full-mouth ultrasonic root debridement and applied only to initially deep pockets. The rationale behind this laser treatment protocol was based on the aim to best utilize the capacity of the Er:YAG laser to detect subgingival calculus and improve its optical and ablative properties once gingival inflammation and bleeding have receded after ultrasonic scaling. The working hypothesis is that the observed clinical benefits of the tested protocol are related to a higher microbiological impact associated to the adjunctive laser usage.

Material and methods

Study design

This study was designed as a 12-month, single-masked, parallel group, randomized clinical trial. It was conducted in the Graduate Periodontology Clinic of the University Complutense of Madrid, Spain. The protocol of this study was approved by the institutional research ethics committee (*Comité de Ensayos Clínicos del Hospital Universitario San Carlos, Madrid*) and was registered at the WHO International Clinical Trial Registry Platform (ISRCTN07764690). All participating patients signed the informed consent prior to enter the study. The clinical outcomes of this trial have been recently published [22].

Patient sample

Consecutive patients (December 2008–December 2009) being diagnosed of initial to moderate chronic periodontitis [34] were recruited to participate in this study after a screening visit that included full-mouth periodontal and radiographic evaluations. The following criteria were used.

Inclusion criteria

- Age 25–80 years
- A minimum of 4 teeth per quadrant

- At least 4 teeth per quadrant with probing pocket depth (PD) ≥ 4.5 mm and radiographic bone loss between 30 and 50 % in more than 30 % of teeth
- Good general health according to medical history and no allergies to local anaesthetics
- Willing to participate in the study

Exclusion criteria

- Subgingival instrumentation within 12 months prior to the baseline examination
- Use of systemic antibiotics within 3 months prior to the start of the study
- Medical conditions requiring prophylactic antibiotic coverage
- On-going drug therapy that might affect the patient's clinical response
- Pregnant women

The sample size calculation was based on detecting a difference between groups of 0.5 mm in the primary outcome variable (PD reduction) with the assumption of a common standard deviation (SD) of 0.6 mm, an α error of 0.05 and a β error of 0.20. This analysis resulted in 36 patients and assuming of a reasonable number of dropouts (20 %), 40 patients were included and randomized in this clinical trial.

Treatments

The included patients were randomized to one of the two treatment regimens by means of a computer-generated random list. Allocation concealment was performed through the use of opaque sealed envelopes, and masking was assured by having a study coordinator (DH) not involved in the execution of the study that registered the treatment assignment. After being recruited, patients were instructed in oral hygiene practices and motivation and reinstruction were provided at baseline and subsequent follow-up visits.

Patients assigned to the test group received a full-mouth subgingival debridement session (day 0) of 45–60 min with a piezo-ceramic ultrasonic device (Minipiezon® EMS, Electro Medical System, Nyon, Switzerland) using a piezon® tip (DS-001 A, Electro Medical System, Nyon, Switzerland) under profuse water irrigation and power settings between 50 and 80 %. One week later (day 7), the sites with initial PD ≥ 4.5 mm were treated with the Er:YAG laser + feedback system (5U) (Kavo Key Laser III, Bonn, Germany). The laser device was set at a power of 160 mJ and a frequency of 10 Hz. The periodontal sapphire tip of 0.5×1.65 (136 mJ/pulse at the tip) was inserted in the pocket with an inclination of the fibre tip of 15° to 20° to the root surface, and laser was discharged whenever calculus was detected by the feedback system. The tip was moved across the pocket from coronal to apical in parallel paths until

no more subgingival calculus was detected. Local anaesthesia was only provided if patients requested it. This treatment protocol was based on the study reported by Wennström et al. (2005) that used mechanical instrumentation of sites with initial PD ≥ 5 mm after full-mouth ultrasonic scaling. In this study, we aimed to use the best capability of Er:YAG laser with the feedback system for calculus detection once the gingival inflammation and bleeding had receded 1 week after full-mouth ultrasonic scaling [35].

The patients in the control group were treated in two consecutive weeks. In the first session (day 0), the right side of the mouth was treated during 45–60 min using the same ultrasonic device as in the test group. The second session (day 7) used the same protocol for the left quadrants. Local anaesthesia was provided if requested by the patient.

Two periodontists carried out the tested interventions after undertaking specific training sessions on the use of their assigned treatment protocol and after a calibrating session consisting on the treatment of 10 patients prior to the initiation of the study.

In each follow-up visit in both treatment groups, all teeth were supragingivally polished with a rubber cup (Copas profilaxis, DentaFlux, Madrid, Spain) and a low abrasive polishing paste (Copas profilaxis, DentaFlux, Madrid, Spain). No intention was made to subgingivally debride the residual sulci/pockets or the bleeding sites. If lost of attachment ≥ 2 mm in ≥ 4 teeth was detected in any patient during these follow-up visits, the patient was exited from the study and was treated appropriately. The data from the last visit of the patient was then used for the analysis.

Microbiological outcomes

Microbiological samples were collected at baseline and 3 and 12 months following the completion of the treatment phase. From each quadrant, the most accessible site with the deepest PD and bleeding on probing (BOP) was selected. Samples were taken with two consecutive sterile medium paper points (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) per site. Subgingival plaque was sampled after the removal of all supragingival plaque and debris [36]. Before sampling, the sites were isolated from the saliva by applying cotton rolls and then gently dried with compressed air, in order to avoid contamination. The paper points were kept in place for 10 s and were then transferred into a screw-capped vial, containing 1.5 ml of reduced transport fluid (RTF) [37]. Samples were transferred to the microbial laboratory within 2 h, where they were homogenized by vortexing for 30 s [38], and serially diluted in PBS. At the laboratory, aliquots of 0.1 ml were plated manually for the detection of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* on the specific medium DentaId-1 [39]. These plates were incubated for 3 days in air with 5 % CO₂ at 37 °C.

Suspected isolates were identified on the basis of colony morphology (small colony, 1 mm in diameter, with a dark border and a “star” or “crossed cigars” shaped inner structure) and positive catalase reaction. Sample dilutions were also plated onto a non-selective blood agar plate (Blood Agar Base II®, Oxoid, Basingstoke, UK), supplemented with haemine (5 mg/l), menadione (1 mg/l) and 5 % sterile horse blood. After 7–14 days of anaerobic incubation (80 % N₂, 10 % CO₂ and 10 % H₂), total counts and counts of representative colonies (those with colony morphologies compatible with target pathogen morphology) were performed in the most suitable plates, those harbouring between 30 and 300 colonies. Suspected colonies were further identified by microscopy, studying their gram staining and enzyme activity (including N-acetyl-D-glucosaminidase, α -glucosidase, agalactosidase, α -fucosidase, esculin, indole and trypsin-like activity). Counts were transformed in colony-forming units per millilitre of the original sample. Total anaerobic counts were calculated, as well as count of the detected periodontal pathogens (*A. actinomycetemcomitans*, *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia/Prevotella nigrescens*, *Parvimonas micra*, *Campylobacter rectus* and *Fusobacterium nucleatum*). In addition to the quantitative microbiological data, the frequency of detection and proportions for each bacterial species were also calculated. To assess microbiological adverse effects, the overgrowth of other species, mainly superinfecting or opportunistic bacteria, such as enteric, was monitored, especially in DentaId-1 plates.

Clinical variables at the sampled sites were specifically recorded with an electronic probe (Florida Probe, Gainesville, FL, USA) using a controlled force of 25 g and measured to the closest 0.5 mm, in addition to full-mouth clinical recording. The following parameters were registered:

- Probing depth (PD)—the distance between the gingival margin and the bottom of the pocket. It was recorded with an electronic probe (Florida Probe) using a controlled force of 25 g and measured to the closest 0.5 mm. This electronic probing system has two description modes, the graphic display and the data mode. In the graphic display, it automatically segments PD in three categories: shallow (1–4 mm), moderate (5–6 mm) and deep (≥ 7 mm). In the data mode, the moderate category, however, starts when PD ≥ 4.5 mm. In this investigation, PD ≥ 4.5 mm at baseline in the data mode (equivalent to ≥ 5 mm in the graphic display) were selected for laser application in the test group.
- Recession (REC)—the distance between the gingival margin and the cemento-enamel junction or the margin of the restoration.
- BOP—presence/absence of bleeding within 15 s after probing [35].
- Plaque—absence/presence of plaque after staining with erythrosine (Plac Control, DentaId, Barcelona, Spain).

Data analysis

An intention-to-treat (ITT) analysis was performed. Colony-forming units were log transformed to fit a normal distribution. This process was carried out for total counts and for counts of the most common pathogenic species for which a 0 value (no detection) was changed to 99 for convenience in log calculation. In addition, their proportions were transformed in parts per one to achieve a normal distribution. Both log-transformed counts and proportions were evaluated, firstly intra-group, evaluating the changes between baseline, 3 months and 1 year. Statistical tests were performed separately for the test and control group, by means of ANOVA considering the visit as factor and smoking, age and gender as covariates. Inter-group comparisons were performed at baseline (ANOVA with group as factor) and for the differences between each follow-up visit and baseline (ANOVA with treatment as factor and smoking, age and gender as covariates).

For the analysis of the changes in the frequency of detection of pathogens, a chi-square test in 2 \times 2 contingency tables was used.

After checking normality using the Kolmogorov–Smirnov test, the clinical changes of the selected sites for the microbiological analysis were analysed. For inter-group comparisons, the *t* test was used and the Bonferroni correction was applied (level of significance $p \leq 0.01$). For intra-group comparisons, ANOVA tests with the multiple-rank test were used for identifying differences between visits. In case of non-normal distributions, the Kruskal–Wallis test was used.

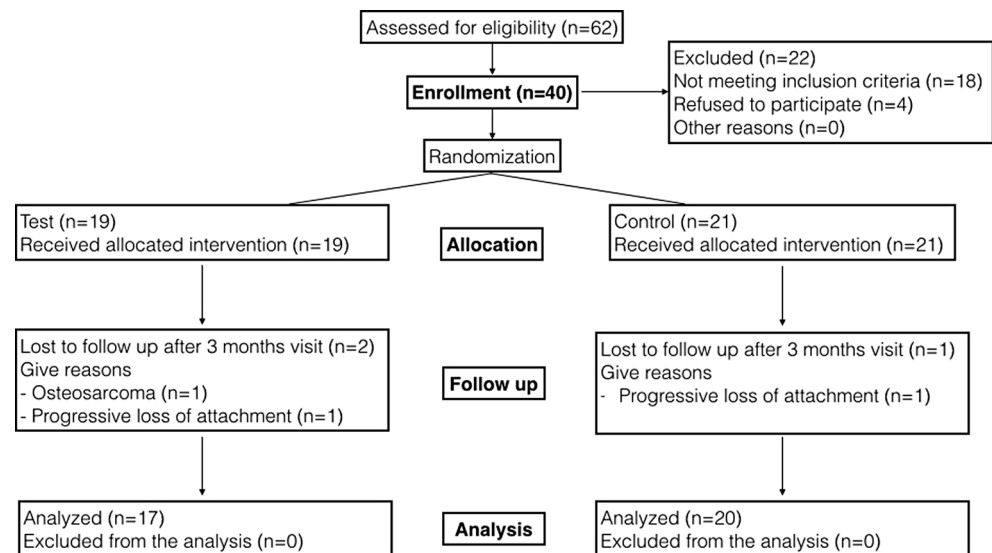
All comparisons were analysed (Statgraphics 5.1, Statpoint Technologies, Warrenton, VA, USA) using two tails and a significance level of <0.05 , except when Bonferroni correction was needed.

Results

Out of the 62 consecutive screened patients, 44 fulfilled the inclusion criteria and 40 agreed to participate by signing the informed consent. All these patients completed the 3-month evaluation; however, two in the test and one in the control group were unable to attend the 1-year visit (Fig. 1).

The demographic characteristics at baseline are shown in Table 1. The full-mouth clinical results have been reported in a previous publication [22].

Microbiological results were available from 20 control and 19 test patients. One sample from a patient in the control group (non-smoker, female) was contaminated and, therefore, not analysed at baseline. At the 1-year evaluation, four samples could not be processed, two in the control group (one male and one female, both non-smokers) and two in the test group (one male and one female, both smokers).

Fig. 1 CONSORT flow diagram of the study

Minor changes were detected for the log-transformed total anaerobic counts, without demonstrating significant differences between groups (Table 2). In the control group, a limited impact was observed after 3 months (from 6.97 to 6.95), whereas at 1 year a minor reduction was detected (6.69). In the test group, some reductions were observed after 3 months (from 6.79 to 6.70), with a rebound after 1 year (6.93).

For the frequency of detection of target pathogenic species, no significant differences were detected between groups at baseline. The most prevalent species (over 70 %) were *F. nucleatum*, *P. intermedia* and *P. gingivalis*. *T. forsythia* was more frequent in the control group (40.0 versus 15.8 %, $p=0.18$) and *P. micra* in the test group (52.6 versus 30 %, $p=0.27$). The microbial changes after both interventions are depicted in Table 3. No significant microbiological impact was detected after any of the treatments. In the test group, *T. forsythia* increased from 15.8 to 42.1 % after 3 months ($p=0.15$), while *Eikenella corrodens* decreased from 26.3 to 5.9 % after 12 months ($p=0.23$). In the control group, *C. rectus* increased from 5.0 to 27.8 % after 12 months ($p=0.23$), and *P. micra* decreased from 3 to 12 months (45.0 to 16.7 %, $p=0.13$).

When evaluating the proportion of the pathogens (target species) in respect to the total flora, no significant differences were detected between groups at baseline, although there was

a tendency towards higher proportions of *F. nucleatum* in the test group ($p=0.06$). The highest mean proportions were observed for *P. gingivalis* (around 16 %) and *P. intermedia* (9.50–10.24 %). After treatment, no significant changes were observed between or within groups (Table 3). In the test group, a tendency was detected in decreasing the proportions of *E. corrodens* from baseline to 12 months ($p=0.066$). In the control group, a significant reduction in *P. intermedia* was observed between baseline and 12 months ($p=0.014$) and a tendency for an increase in *T. forsythia* from baseline to 3 and 12 months ($p=0.090$).

The overgrowth of opportunistic species was also evaluated. *Candida* spp. were detected in three patients at baseline, two in the control group and one in the test group. At 3 months, two patients in the control group harboured *Candida* spp., and at 1 year, only one patient, also in the control group. No other superinfecting species were detected.

The mean values and changes for the clinical variables of sampled sites, at each visit, are depicted in Table 4. At 3 months, PD, BOP and plaque index were significantly reduced in both groups, although gingival recession increased. At 12 months, there was a small relapse in PD, although not

Table 1 Demographic characteristics of the patient sample at baseline

| | Test group | Control group | Overall |
|------------------------------|--------------|---------------|---------|
| Number of included patients | 19 | 21 | 40 |
| Mean age (range)* | 48.5 (37:71) | 56.8 (39:71) | 52.8 |
| Gender (male/female) | 7:12 | 5:16 | 12:28 |
| Smokers (>10 cigarettes/day) | 10 | 7 | 17 |
| Mean number of teeth | 26.0 | 24.8 | 25.4 |

*Statistically significant differences between groups at baseline; $p<0.027$ **Table 2** Log of total colony-forming units, expressed as mean, standard deviation (SD) and 95 % confidence interval (95 % CI), per visit and group

| | Visit | Number | Mean | SD | 95 % CI |
|---------------|----------|--------|------|------|-----------|
| Control group | Baseline | 20 | 6.97 | 0.63 | 6.69 7.26 |
| | 3 months | 20 | 6.95 | 0.63 | 6.66 7.23 |
| | 1 year | 18 | 6.69 | 0.64 | 6.39 6.99 |
| Test group | Baseline | 19 | 6.79 | 0.65 | 6.48 7.10 |
| | 3 months | 19 | 6.70 | 0.65 | 6.39 7.01 |
| | 1 year | 17 | 6.93 | 0.66 | 6.61 7.26 |

Table 3 Frequency of detection (freq) and mean log-transformed colony-forming units (CFU-logt) of target species, with the number of samples processed (*n*), the number of positive samples for each target species (*n*+) and the mean proportions of microflora in positive samples (prop+), per visit (baseline [Bs], 3 months and 1 year) and group (control [C] and test [T])

| Visit | Group | Outcome | <i>Aa</i> | <i>Pg</i> | <i>Pi</i> | <i>Tf</i> | <i>Pm</i> | <i>Cr</i> | <i>Fn</i> | <i>Cap</i> | <i>Ec</i> | <i>Eu</i> |
|--------|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Bs | C <i>n</i> =20 | <i>n</i> + | 2 | 16 | 18 | 8 | 6 | 1 | 20 | 5 | 3 | 0 |
| | | Freq (%) | 10.0 | 80.0 | 90.0 | 40.0 | 30.0 | 5.0 | 100 | 25.0 | 15.0 | 0.0 |
| | | CFU-logt | 3.08 | 6.39 | 6.2 | 5.23 | 5.05 | 4.12 | 5.62 | 4.35 | 4 | 1.99 |
| | | Prop+ (%) | 0.36 | 16.02 | 10.24 | 2.25 | 4.73 | 1.37 | 3.23 | 0.94 | 0.62 | na |
| | T <i>n</i> =19 | <i>n</i> + | 1 | 14 | 16 | 3 | 10 | 1 | 19 | 3 | 5 | 1 |
| | | Freq (%) | 5.3 | 73.7 | 84.2 | 15.8 | 52.6 | 5.3 | 100 | 15.8 | 26.3 | 5.3 |
| | | CFU-logt | 3.19 | 6.29 | 5.91 | 4.49 | 5.58 | 3.84 | 5.55 | 4 | 4.42 | 4.92 |
| | | Prop+ (%) | 0.18 | 16.34 | 9.50 | 2.69 | 8.25 | 0.80 | 5.76 | 9.04 | 1.22 | 13.19 |
| | 3 months | <i>n</i> + | 1 | 15 | 18 | 6 | 9 | 3 | 19 | 2 | 3 | 0 |
| | | Freq (%) | 5.0 | 75.0 | 90.0 | 30.0 | 45.0 | 15.0 | 95.0 | 10.0 | 15.0 | 0.0 |
| | | CFU-logt | 4.3 | 6.4 | 5.52 | 5.28 | 5.12 | 4.14 | 5.45 | 3.86 | 3.6 | 1.99 |
| | | Prop+ (%) | 4.14 | 14.77 | 3.09 | 4.06 | 2.60 | 1.41 | 3.58 | 1.25 | 0.81 | na |
| 1 year | C <i>n</i> =20 | <i>n</i> + | 1 | 17 | 16 | 8 | 9 | 2 | 18 | 2 | 2 | 2 |
| | | Freq (%) | 5.3 | 89.5 | 84.2 | 42.1 | 47.4 | 10.5 | 94.7 | 10.5 | 10.5 | 10.5 |
| | | CFU-logt | 3.03 | 6.41 | 5.6 | 5.32 | 4.92 | 4.33 | 5.51 | 4.32 | 3.62 | 4.62 |
| | | Prop+ (%) | 0.14 | 10.02 | 4.31 | 5.15 | 4.34 | 1.72 | 4.39 | 0.68 | 0.51 | 2.56 |
| | T <i>n</i> =19 | <i>n</i> + | 1 | 16 | 15 | 9 | 3 | 5 | 17 | 4 | 0 | 1 |
| | | Freq (%) | 5.6 | 88.9 | 83.3 | 50.0 | 16.7 | 27.8 | 94.4 | 22.2 | 0.0 | 5.3 |
| | | CFU-logt | 3.41 | 6.59 | 5.62 | 5.66 | 4.31 | 4.59 | 5.72 | 4.25 | 1.99 | 4.44 |
| | | Prop+ (%) | 0.34 | 19.07 | 3.85† | 6.49 | 3.66 | 1.24 | 4.73 | 1.14 | na | 7.69 |
| | 1 year | <i>n</i> + | 2 | 14 | 15 | 7 | 10 | 3 | 15 | 2 | 1 | 1 |
| | | Freq (%) | 11.8 | 82.4 | 88.2 | 41.2 | 58.8 | 17.6 | 88.2 | 11.8 | 5.9 | 5.9 |
| | | CFU-logt | 3.82 | 6.72 | 6.27 | 5.37 | 5.19 | 4.6 | 5.55 | 4.09 | 2.89 | 2.89 |
| | | Prop+ (%) | 0.57 | 19.37 | 5.95 | 3.38 | 3.37 | 1.05 | 4.59 | 1.32 | 0.55 | 1.49 |

No statistically significant differences were detected for any of the microbiological outcome measurements between test and control groups

Aa, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*; *Pg*, *Porphyromonas gingivalis*; *Pi*, *Prevotella intermedia*; *Tf*, *Tannerella forsythia*; *Pm*, *Parvimonas micra*; *Cr*, *Campylobacter rectus*; *Fn*, *Fusobacterium nucleatum*; *Cap*, *Capnocytophaga* spp.; *Ec*, *Eikenella corrodens*; *Eu*, *Eubacterium* spp.; na, not applicable

†Intra-group statistically significant reduction between baseline and 12 months ($p=0.014$)

statistically significant, whereas the plaque index and BOP kept decreasing. No statistically significant differences between groups were seen for any of the clinical variables, except for the reduction in PD after 12 months, which was greater in the test than in the control group (−1.97 mm versus −1.50, respectively; $p=0.01$).

Discussion

The results of this clinical trial have shown a limited impact on the studied microbiological outcome variables with both treatments and when comparing both non-surgical treatment protocols, there were no significant microbiological differences after 1 year.

These results did not correlate with the clinical outcomes from this study, both at a full-mouth level [22] and at the

sampled sites level (reported in the present paper). The full-mouth clinical results showed that both therapies were effective in improving the clinical outcomes up to 12 months, with better results with the adjunctive laser application in terms of reduction in the proportion of sites with deep pockets (PD ≥ 4.5 mm) and in the proportion of “open pockets” (PD ≥ 4.5 mm+BOP). In the sampled sites, both modes of therapy obtained a significant reduction in PD, BOP and plaque index up to the 1-year evaluation, with the adjunctive laser application achieving a significantly higher reduction in PD (−1.97 mm versus −1.50; $p=0.01$). These beneficial clinical results with the adjunctive use of the Er:YAG laser, however, could not be explained by a possible significant microbiological impact, at least with the methods used in this investigation.

The microbiological impact of the use of Er:YAG laser in the non-surgical treatment of chronic periodontitis has been

Table 4 Mean values, standard deviation (SD) and changes with baseline (Δ) for the clinical parameters at the sampled sites at different time points

| Outcome | Baseline | | | 3 months | | | | 12 months | | | |
|----------|----------|------|------|----------|-------|------|--------------|-----------|-------|------|---------------|
| | <i>n</i> | Mean | SD | <i>n</i> | Mean | SD | Δ | <i>n</i> | Mean | SD | Δ |
| PD (mm) | | | | | | | | | | | |
| Test | 19 | 6.01 | 0.74 | 19 | 3.90* | 0.94 | -2.10 (0.61) | 17 | 3.96* | 0.78 | -1.97 (0.59)† |
| Control | 21 | 6.02 | 1.00 | 21 | 4.23* | 1.08 | -1.79 (0.57) | 20 | 4.43 | 1.02 | -1.50 (0.46) |
| REC (mm) | | | | | | | | | | | |
| Test | 19 | 0.67 | 0.68 | 19 | 1.17* | 0.68 | -0.50 (0.85) | 17 | 1.36* | 0.63 | -0.63 (0.80) |
| Control | 21 | 0.72 | 0.62 | 21 | 1.06* | 0.40 | -0.34 (0.57) | 20 | 1.26* | 0.55 | -0.51 (0.56) |
| BOP (%) | | | | | | | | | | | |
| Test | 19 | 100 | 0 | 19 | 50* | 34 | -50 (34) | 17 | 38* | 24 | -62 (24) |
| Control | 21 | 100 | 0 | 21 | 42* | 32 | -58 (32) | 20 | 41* | 23 | -59 (23) |
| PI (%) | | | | | | | | | | | |
| Test | 19 | 84 | 30 | 19 | 34* | 25 | -50 (32) | 17 | 16*‡ | 23 | -66 (39) |
| Control | 21 | 92 | 16 | 21 | 38* | 26 | -54 (27) | 20 | 14*‡ | 21 | -78 (27) |

SD standard deviation, PD probing depth, REC recession, BOP bleeding on probing, PI plaque index, Δ change between the visit and baseline expressed as mean (SD)

*Intra-group statistically significant differences from baseline

‡Intra-group statistically significant differences from 3 to 12 months

†Inter-group statistically significant differences ($p \leq 0.01$)

evaluated in other investigations when used either as monotherapy or as an adjunct to conventional scaling and root planing (SRP). When using Er:YAG laser alone, most of the studies were not able to report better microbiological outcomes, when compared to conventional debridement. Schwarz et al. [28] compared the use of Er:YAG laser to conventional SRP after 1 and 2 years in a split-mouth study, using darkfield microscopy, and they showed that both groups increased the number of cocci and reduced the spirochetes after 1 year, with a similar relapse in the pathogenic morphotypes after 2 years. Also using a similar methodology (contrast phase microscopy), Malali et al. [29] compared the use of Er:YAG laser to curettes or ultrasonic devices in a parallel study, and again after 7 and 90 days, all the groups showed similar reduction in the pathogenic morphotypes, with better results in the curette group. Derdilopoulou et al. [30], with a semi-quantitative polymerase chain reaction (PCR) commercial assay, compared (after 3 and 6 months) the use of Er:YAG to curettes, sonic and ultrasonic devices, using a split-mouth design, reporting no significant differences among groups, but showing a significant microbiological impact with all treatments, including the laser. Conversely, Lopes et al. [31] also in a split-mouth study using PCR reported better microbiological outcomes with the use of Er:YAG alone or in conjunction with conventional SRP after 12 months, when compared to conventional SRP.

When Er:YAG laser has been used as an adjunctive to conventional SRP, similar outcomes have been reported in different investigations. Yilmaz et al. [32] compared, by

means of culturing techniques, conventional SRP alone with the adjunctive use of the Er:YAG laser or systemic metronidazole, and after 3 months, all groups showed significant reductions in total counts and in the proportions of anaerobic bacteria. Similar outcomes without significant differences in the microbiological outcomes among groups were reported by the same research group in another study using similar microbiological methodology, when comparing conventional SRP alone with the adjunctive use of Er:YAG laser or ozone [33].

The microbiological impact of the application of Er:YAG laser has also been studied in the treatment of residual pockets during supportive periodontal therapy, again without demonstrating a significant added value to conventional mechanical root debridement with ultrasonic devices and/or curettes. Tomasi et al. [40] using DNA–DNA checkerboard technology compared these two treatment modalities in a split-mouth designed study showing that both groups similarly reduced the main periodontal pathogens, with a tendency to relapse for the red complex after 30 days. Ratka-Krüger et al. [41] also failed to demonstrate any significant microbiological effect, using a commercial PCR technology, after a single laser application at 13 and 26 weeks, and differences with conventional debridement were not significant. Repeated Er:YAG laser applications every 3 months during supportive periodontal therapy have also been evaluated and compared with repeated use of ultrasonic devices and curettes, by means of DNA–DNA checkerboard technology. After 12 months,

both groups significantly reduced periodontal pathogenic bacteria, but no differences were detected between groups [42].

The microbiological results reported in this investigation were in agreement with most published evidence failing to demonstrate a statistically significant microbiological benefit when using the Er:YAG laser application. Moreover in this investigation, as in other reported studies, the use of adjunctive Er:YAG laser did not result in a significant microbiological impact. These discrepancies can be explained by different factors, as the differences in microbiological technologies used (visual, culture-based, molecular), the selection of populations with different microbiological profiles, the type and severity of periodontal disease, the type of treatment performed [43], the sampling strategy [44], or the different study designs (parallel versus split-mouth). Nevertheless, despite all these factors, the possible added microbiological effect of the use Er:YAG laser seems to be limited in time, since bacterial recolonization seems to occur [45].

In spite of the lack of microbiological differences when comparing both treatment protocols, we have reported benefits in the clinical parameters for the Er:YAG laser therapy group both for the full-mouth and the sample sites data. This apparent discrepancy might be explained by the possible changes in the root surface and/or the differential capability of removal of mineralized deposits attained with the laser application [46]. Pourzarandian et al. [47] reported that Er:YAG laser enhanced the connective tissue repair process by promoting fibroblast cell growth resulting in reduced probing depths and improved attachment levels.

When evaluating the results from the present clinical trial, some inherent limitations should be taken in consideration. We aimed to reduce the operator bias on the use of the Er:YAG laser therapy by using different operators for each treatment protocol, but this may have influenced the results, in spite of a calibration session run in 10 patients before starting the study. Another possible limitation was the double instrumentation of moderate to deep pockets in the test group, whereas in the control group those pockets were debrided just once, but the aim was not to compare an adjunctive therapy but rather two distinct treatment protocols with a well-established rationale. Another important aspect explaining the lack of microbiological differences may be the limited sample size, which was calculated based on the changes in clinical outcome variables and not on microbiological outcomes.

In summary and taking into consideration these limitations, the results from the present clinical trial failed to demonstrate microbiological advantages when using Er:YAG laser application 1 week after a full-mouth ultrasonic debridement in patients with chronic periodontitis.

Acknowledgments The authors would like to thank Professor Conchita Martín for her assistance in the handling of the data and

statistical analysis and to Kavo Dental, S.L. (Madrid, Spain) for kindly providing the Er:YAG laser for this research.

Compliance with ethical standards The study was self-funded by the ETEP (Aetiology and Therapy of Periodontal Diseases) Research Group, University Complutense, Madrid, Spain. The Er:YAG laser device used in this investigation was borrowed from Kavo Dental, S.L. (Madrid, Spain). All procedures performed were in accordance with the ethical standards of the institutional national research committee (Comité de Ensayos Clínicos del Hospital Universitario San Carlos, Madrid-P06001) and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards. All participating subjects signed the informed consent.

Conflict of interest The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Van Dyke TE (2007) Cellular and molecular susceptibility determinants for periodontitis. *Periodontol* 2000 45:10–13
2. Kinane DF, Mark Bartold P (2007) Clinical relevance of the host responses of periodontitis. *Periodontol* 2000 43:278–293
3. Haffajee AD, Socransky SS (2006) Introduction to microbial aspects of periodontal biofilm communities, development and treatment. *Periodontol* 2000 42:7–12
4. Slots J (1977) The predominant cultivable microflora of advanced periodontitis. *Scand J Dent Res* 85:114–121
5. Slots J (1999) *Actinobacillus actinomycetemcomitans* and *Porphyromonas gingivalis* in periodontal disease: introduction. *Periodontol* 2000 20:7–13
6. Slots J, Ting M (1999) *Actinobacillus actinomycetemcomitans* and *Porphyromonas gingivalis* in human periodontal disease: occurrence and treatment. *Periodontol* 2000 20:82–121
7. Stoodley P, Sauer K, Davies DG, Costerton JW (2002) Biofilms as complex differentiated communities. *Annu Rev Microbiol* 56:187–209
8. Socransky SS, Holt SC, Leadbetter ER, Tanner AC, Savitt E, Hammond BF (1979) *Capnocytophaga*: new genus of gram-negative gliding bacteria. III. Physiological characterization. *Arch Microbiol* 122:29–33
9. Vernal R, Diaz-Guerra E, Silva A, Sanz M, Garcia-Sanz JA (2014) Distinct human T-lymphocyte responses triggered by *Porphyromonas gingivalis* capsular serotypes. *J Clin Periodontol* 41:19–30
10. Vernal R, Díaz-Zúñiga J, Melgar-Rodríguez S et al (2014) Activation of RANKL-induced osteoclasts and memory T lymphocytes by *Porphyromonas gingivalis* is serotype dependant. *J Clin Periodontol* 41:451–459
11. Axelsson P, Lindhe J (1978) Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. *J Clin Periodontol* 5:133–151
12. Knowles JW, Burgett FG, Nissle RR, Shick RA, Morrison EC, Ramfjord SP (1979) Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level. Eight years. *J Periodontol* 50: 225–233
13. Lindhe J, Nyman S (1984) Long-term maintenance of patients treated for advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol* 11:504–514
14. Heitz-Mayfield LJ, Trombelli L, Heitz F, Needleman I, Moles D (2002) A systematic review of the effect of surgical debridement vs

- non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 29(Suppl 3):92–102, discussion 160–2
15. Hallmon WW, Rees TD (2003) Local anti-infective therapy: mechanical and physical approaches. A systematic review. *Ann Periodontol* 8:99–114
 16. Tunkel J, Heinecke A, Flemmig TF (2002) A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 29(Suppl 3):72–81, discussion 90–71
 17. Van der Weijden GA, Timmerman MF (2002) A systematic review on the clinical efficacy of subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 29(Suppl 3):55–71, discussion 90–51
 18. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A (2008) Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *J Clin Periodontol* 35(Suppl 8):29–44
 19. Krause F, Braun A, Brede O, Eberhard J, Frentzen M, Jepsen S (2007) Evaluation of selective calculus removal by a fluorescence feedback-controlled Er:YAG laser in vitro. *J Clin Periodontol* 34: 66–71
 20. Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A (2012) Efficacy of Er: YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 27:661–673
 21. Zhao Y, Yin Y, Tao L, Nie P, Tang Y, Zhu M (2014) Er: YAG laser versus scaling and root planning as alternative or adjuvant for chronic periodontitis treatment: a systematic review. *J Clin Periodontol* 41:1069–1079
 22. Sanz-Sánchez I, Ortiz-Vigón A, Matos R, Herrera D, Sanz M (2015) Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive Er:YAG laser in chronic periodontitis patients. A randomised clinical trial. *J Periodontol* 86:527–535
 23. Ando Y, Aoki A, Watanabe H, Ishikawa I (1996) Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers Surg Med* 19:190–200
 24. Mehl A, Folwaczny M, Haffner C, Hickel R (1999) Bactericidal effects of 2.94 microns Er:YAG-laser radiation in dental root canals. *J Endod* 25:490–493
 25. Folwaczny M, Benner KU, Flasskamp B, Mehl A, Hickel R (2003) Effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces treated in situ: a histological study. *J Periodontol* 74:360–365
 26. Yamaguchi H, Kobayashi K, Osada R et al (1997) Effects of irradiation of an erbium:YAG laser on root surfaces. *J Periodontol* 68: 1151–1155
 27. Takasaki AA, Aoki A, Mizutani K et al (2009) Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Periodontol* 2000(51):109–140
 28. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J (2003) Periodontal treatment with an Er: YAG laser compared to scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *J Periodontol* 74:590–596
 29. Malali E, Kadir T, Noyan U (2012) Er:YAG lasers versus ultrasonic and hand instruments in periodontal therapy: clinical parameters, intracrevicular micro-organism and leukocyte counts. *Photomed Laser Surg* 30:543–550
 30. Derdlopoulou FV, Nonhoff J, Neumann K, Kielbassa AM (2007) Microbiological findings after periodontal therapy using curettes, Er:YAG laser, sonic, and ultrasonic scalers. *J Clin Periodontol* 34: 588–598
 31. Lopes BM, Theodoro LH, Melo RF, Thompson GM, Marcantonio RA (2010) Clinical and microbiologic follow-up evaluations after non-surgical periodontal treatment with erbium:YAG laser and scaling and root planing. *J Periodontol* 81:682–691
 32. Yilmaz S, Kut B, Gursoy H, Eren-Kuru B, Noyan U, Kadir T (2012) Er:YAG laser versus systemic metronidazole as an adjunct to nonsurgical periodontal therapy: a clinical and microbiological study. *Photomed Laser Surg* 30:325–330
 33. Yilmaz S, Algan S, Gursoy H, Noyan U, Kuru BE, Kadir T (2013) Evaluation of the clinical and antimicrobial effects of the Er:YAG laser or topical gaseous ozone as adjuncts to initial periodontal therapy. *Photomed Laser Surg* 31:293–298
 34. Armitage GC (1999) Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Ann Periodontol* 4:1–6
 35. Wennström JL, Tomasi C, Bertelle A, Dellasega E (2005) Full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant scaling and root planing as an initial approach in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 32:851–859
 36. Wikstrom M, Renvert S, Dahlen G, Johnsson T (1991) Variance in recovery of periodontitis-associated bacteria caused by sampling technique and laboratory processing. *Oral Microbiol Immunol* 6: 102–106
 37. Syed SA, Loesche WJ (1972) Survival of human dental plaque flora in various transport media. *Appl Microbiol* 24:638–644
 38. Dahlen G, Renvert S, Wikstrom M, Egelberg J (1990) Reproducibility of microbiological samples from periodontal pockets. *J Clin Periodontol* 17:73–77
 39. Alsina M, Olle E, Frias J (2001) Improved, low-cost selective culture medium for *Actinobacillus actinomycetemcomitans*. *J Clin Microbiol* 39:509–513
 40. Tomasi C, Schander K, Dahlen G, Wennstrom JL (2006) Short-term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *J Periodontol* 77: 111–118
 41. Ratka-Kruger P, Mahl D, Deimling D et al (2012) Er:YAG laser treatment in supportive periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 39: 483–489
 42. Krohn-Dale I, Bøe OE, Enersen M, Leknes KN (2012) Er:YAG laser in the treatment of periodontal sites with recurring inflammation: a 12-month randomized, controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 39:745–752
 43. Del Peloso RE, Bittencourt S, Sallum EA, Nociti FH Jr, Gonçalves RB, Casati MZ (2008) Periodontal debridement as a therapeutic approach for severe chronic periodontitis: a clinical, microbiological and immunological study. *J Clin Periodontol* 35:789–798
 44. Casas A, Herrera D, Martín-Carnes J, González I, O'Connor A, Sanz M (2007) Influence of sampling strategy on microbiologic results before and after periodontal treatment. *J Periodontol* 78: 1103–1112
 45. Cugini MA, Haffajee AD, Smith C, Kent RL Jr, Socransky SS (2000) The effect of scaling and root planing on the clinical and microbiological parameters of periodontal diseases: 12-month results. *J Clin Periodontol* 27:30–36
 46. Herrero A, García-Kass AI, Gómez C, Sanz M, García-Núñez JA (2010) Effect of two kinds of Er:YAG laser systems on root surface in comparison to ultrasonic scaling: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 28:497–504
 47. Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura S, Aoki A, Ishikawa I (2005) Effect of low-level Er:YAG laser irradiation on cultured human gingival fibroblasts. *J Periodontol* 76:187–193

VII. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar los avances en el tratamiento no quirúrgico de las periodontitis, y estudiar el efecto clínico y microbiológico de un protocolo de tratamiento periodontal que empleaba el láser de Er:YAG como coadyuvante al desbridamiento subgingival con ultrasonidos, en comparación a un protocolo de RAR convencional. La hipótesis concreta fue que la aplicación de un nuevo protocolo que empleaba el láser de Er:YAG en las localizaciones iniciales con una PS \geq 4,5 mm, una semana después de una sesión de desbridamiento de boca completa con ultrasonidos, puede ofrecer beneficios desde el punto de vista clínico y microbiológico en comparación a un protocolo convencional, que incluía dos sesiones de desbridamiento subgingival con ultrasonidos separadas una semana. Los resultados de la revisión narrativa (Sanz et al., 2012) y del ensayo clínico aleatorizado (Sanz-Sánchez et al., 2015a; Sanz-Sánchez et al., 2015b) parecen confirmar que existen numerosos avances, especialmente en el campo de los láseres, y que se pueden emplear en el tratamiento de la periodontitis, pero también que, hasta el momento actual, los datos disponibles no ofrecen beneficios claros desde el punto de vista clínico y/o microbiológico.

Modificaciones en las terapias convencionales y en los protocolos de actuación

En los últimos años se han propuesto distintas estrategias terapéuticas para tratar de solventar las limitaciones (ya explicadas en la Introducción) que presenta el RAR desde el punto de vista clínico y microbiológico, y así tratar de evitar o reducir la necesidad de los procedimientos de cirugía periodontal. En el VII *Workshop* Europeo de Periodoncia (2008) se revisaron ampliamente y se analizaron de manera crítica las innovaciones en el tratamiento periodontal no quirúrgico (Sanz y Teughels, 2008). Al evaluar los avances en los sistemas de instrumentación con ultrasonidos (Walmsley et al., 2008) y en los láseres (Schwarz et al., 2008), se llegó al siguiente consenso:

- Los nuevos instrumentos o tecnologías deben evaluarse en ensayos clínicos aleatorizados independientes de las compañías que los comercializan;
- Los estudios clínicos deben informar sobre las condiciones de uso y trabajo de los instrumentos empleados;
- Son necesarias las variables relacionadas con el paciente, como el dolor y las molestias;

- El papel de la cavitación y de la corriente acústica de los dispositivos sónicos y ultrasónicos debe establecerse en modelos in vivo.

En este contexto, el primer artículo de esta tesis (Sanz et al., 2012) ha tratado de actualizar la evidencia disponible (ensayos clínicos aleatorizados) en estos avances terapéuticos en términos de las modificaciones de la terapia convencional, de los protocolos de actuación y del desarrollo de nuevas tecnologías. De manera adicional, se puede considerar el uso de tratamientos coadyuvantes, que ha sido comentado en la Introducción, y que no se considerará dentro de esta Discusión.

Como se ha explicado, la terapia convencional se puede modificar (además de con tratamientos coadyuvantes) desde varios puntos de vista: cambiando los instrumentos manuales o automáticos, cambiando los protocolos de actuación del desbridamiento mecánico, o desarrollando nuevas tecnologías.

En cuanto al **cambio de la forma y tamaño de los instrumentos de desbridamiento mecánico y automático**, se busca conseguir un mejor acceso para el desbridamiento mecánico. En este sentido se modifican el tamaño, forma, grosor y curvatura de la parte activa de las curetas y de las puntas de ultrasonidos, con el fin de alcanzar localizaciones posteriores, estrechas o profundas, así como las lesiones de furca. En este contexto, se publicó un ensayo clínico que encontró que el uso de unas nuevas puntas de ultrasonidos más finas se asociaba con mayor pérdida de inserción inmediata al tratamiento pero sin diferencias en la respuesta clínica a los dos meses en comparación a las puntas convencionales (Casarin et al. 2010).

Sin embargo, la mayor parte de estudios publicados se centran en mejorar la percepción del tratamiento por parte de los pacientes (efectividad/eficiencia). La revisión incluida en este trabajo de investigación (Sanz et al., 2012) encontró un ensayo clínico que comparaba la percepción por parte del paciente de las molestias y la sensación de vibración, durante la instrumentación, con un sistema de ultrasonidos piezoeléctrico o uno magnetoestrictivo, con preferencia de los sujetos hacia los sistemas piezoeléctricos (Muhney et al., 2012). Con el fin de disminuir la sensación de dolor y/o sensibilidad de los pacientes durante la instrumentación sin necesidad de infiltrar anestesia (con los consiguientes efectos no deseados y morbilidad de la técnica), se ha estudiado el uso de distintos anestésicos tópicos o electrónicos. En un estudio se comparó el uso o no de EMLA (*Eutetic Mixture of Local Anesthetics*) con ultrasonidos o curetas y se vio que hubo una

disminución del dolor cuando el EMLA se empleaba junto con ultrasonidos (Chung et al., 2011), mientras que en otro se compararon tres sistemas de anestesia tópica (EMLA, parches de lignocaína y anestesia electrónica) junto al RAR con curetas, con resultados a favor del EMLA y de los parches de lignocaína (Pandit et al., 2010).

En resumen, la mayor parte de las modificaciones estudiadas no han conseguido mejorar los resultados clínicos del RAR convencional, aunque en algunos casos se ha disminuido la sensación de dolor o las molestias por parte de los pacientes. Sin embargo, estos resultados derivan de muy pocos estudios con muestras de pacientes muy pequeñas, por lo que se necesitan más ensayos clínicos aleatorizados que se adhieran a las guías CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*) con el fin de determinar el verdadero valor añadido de los instrumentos y las técnicas en el tratamiento periodontal no quirúrgico.

En cuanto a los **protocolos de tratamiento**, estos se han visto modificados, reduciéndose el intervalo de citas, aumentando el número de cuadrantes tratados en cada una e implementando el abordaje antimicrobiano sobre otros nichos orales distintos a la bolsa periodontal. El objetivo de estos cambios con respecto al tratamiento convencional por cuadrantes en intervalos de una semana se ha fundamentado en obtener un beneficio desde el punto de vista clínico y microbiológico en un menor tiempo de tratamiento, con los consiguientes beneficios para el paciente. Los resultados de la revisión incluida en este trabajo de investigación (Sanz et al., 2012) muestran como se publicaron tres nuevos ensayos clínicos que comparaban distintas variaciones del protocolo con respecto al tratamiento convencional por cuadrantes (Knöfler et al., 2011; Santos et al., 2012; Zijnge et al., 2011) y un ensayo en el que comparaban un protocolo de desbridamiento de boca completa con ultrasonidos junto al uso coadyuvante de un dentífrico de triclosán/copolímero frente al mismo protocolo de desbridamiento pero con un placebo (Pera et al., 2011). Cuando se comparó el realizar un protocolo de desbridamiento de boca completa en una o dos sesiones dentro de un periodo de 24 horas (ultrasonidos y/o curetas), con el tratamiento convencional en 2-4 sesiones espaciadas entre 3 y 5 semanas (ultrasonidos y/o curetas), no se obtuvieron ningunas diferencias desde el punto de vista clínico, microbiológico o de los marcadores de inflamación (Knöfler et al., 2011; Santos et al., 2012; Zijnge et al., 2011), aunque en un estudio se concluyó que el protocolo de desbridamiento de boca completa puede ralentizar la recolonización de la lesión periodontal (Zijnge et al., 2011). Por el contrario, el uso preventivo de un dentífrico de triclosán/copolímero después de un protocolo de desbridamiento de boca completa con

ultrasonidos, sí produjo un beneficio clínico a los 6 meses, especialmente en las localizaciones con una profundidad de sondaje inicial > 7 mm (Pera et al. 2011).

En resumen, se puede concluir que el concepto de desbridamiento de boca completa, con o sin el uso de antimicrobianos, puede conseguir resultados clínicos similares al RAR convencional, aunque en algunos estudios se ha observado un beneficio desde el punto de vista microbiológico y del cociente coste-beneficio. Por otro lado, el RAR convencional puede ofrecer ciertas ventajas, especialmente las relacionadas con la motivación y las instrucciones de higiene oral, puesto que al espaciarse las citas del tratamiento en el tiempo se pueden monitorizar las técnicas de higiene oral del paciente y re-instruir conforme a las necesidades. Es por todo ello que el clínico debe seleccionar el protocolo de tratamiento conforme a sus habilidades y a las necesidades del paciente, ya que la evidencia científica muestra como los protocolos de desbridamiento de boca completa y convencional pueden obtener los mismos resultados, siempre que se realicen de forma correcta y se consiga la colaboración del paciente.

Las nuevas tecnologías en el tratamiento periodontal no quirúrgico

En la última década se están desarrollando nuevas tecnologías con el fin de mejorar los resultados obtenidos con los instrumentos convencionales, tanto manuales como automáticos, en el tratamiento no quirúrgico de la periodontitis crónica. En la revisión incluida en este trabajo de investigación (Sanz et al., 2012), se encontraron cuatro grupos de desarrollo de estos avances tecnológicos: modificaciones en los sistemas automáticos, sistemas de aire abrasivo, endoscopia y láseres.

Nuevos sistemas sónicos y ultrasónicos

Los nuevos sistemas sónicos y ultrasónicos se lanzan al mercado con la idea de ser capaces de eliminar correctamente el biofilm y el cálculo, pero a su vez, tratando de disminuir los efectos adversos asociados a los sistemas automáticos convencionales, como son la hipersensibilidad dentinaria que inducen, los cambios térmicos que pueden afectar la pulpa, los cambios en el tejido gingival marginal, la transmisión de bacterias por medio de los aerosoles, las lesiones acústicas y los posibles efectos adversos sobre los marcapasos. En este sentido, se ha desarrollado el sistema Vector® (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemania) que es una modificación de un sistema de ultrasonidos convencional que tiene un anillo resonante que transforma la vibración horizontal en vertical, de modo que la

punta trabaja en sentido paralelo a la superficie radicular. La idea es que con el sistema Vector® se pueda ofrecer un tratamiento más eficaz en términos de reducción de PS y ganancia de NIC, pero con menos molestias para el paciente, en comparación a los sistemas convencionales. Sin embargo, la evidencia clínica no corrobora esta hipótesis y, por el contrario, se ha demostrado que aunque este sistema pueda obtener resultados clínicos y microbiológicos similares a los obtenidos con los instrumentos manuales o automáticos convencionales en bolsas periodontales moderadas/profundas, necesita más tiempo de instrumentación (menor eficiencia) y es peor en el desbridamiento de grandes depósitos de cálculo (menor eficacia) (Slot et al., 2008; Guentsch y Preshaw, 2008). Por ello, este nuevo sistema de ultrasonidos no se puede recomendar como una alternativa al RAR convencional (menor eficacia y menor eficiencia) y su uso puede tener sentido en el desbridamiento mecánico durante el mantenimiento periodontal, donde suele haber depósitos de cálculo menos abundantes.

Por otro lado, se ha lanzado al mercado el sistema PerioScan® (Sirona, Bensheim, Alemania), que consiste en un ultrasonido piezoeléctrico convencional que incorpora un sistema de detección de cálculo que discrimina por medio de una señal acústica y visual la detección de una superficie radicular limpia y suave. Per se, no modifica el modo en el que se realiza el desbridamiento, si no que indica la localización donde deberíamos seguir instrumentando para conseguir una mayor eliminación del biofilm y del cálculo. Cuando se ha hecho el estudio de su capacidad diagnóstica en la detección de cálculo, se ha visto que tiene un valor predictivo positivo de 0,59 y un valor predictivo negativo de 0,97, es decir, que es un buen sistema para detectar que una superficie está limpia, pero no es tan bueno en su capacidad de detectar el cálculo (Meissner et al., 2008). Sin embargo, no se han encontrado estudios comparativos que evalúen su eficacia en comparación a los sistemas convencionales de desbridamiento, ya sea con curetas o con ultrasonidos convencionales.

Sistemas de aire abrasivo

Los sistemas de aire abrasivo funcionan “chorreando” a presión agua, aire y un polvo. El uso del bicarbonato como polvo abrasivo lleva usándose en el campo de la Odontología desde hace muchos años con el fin de eliminar los depósitos blandos y las tinciones del esmalte. Sin embargo, su uso sobre la superficie radicular y en el interior de la bolsa o el surco periodontal está contraindicado por su alto grado de abrasividad, pudiendo causar daños a nivel de los tejidos duros y blandos (Kontturi-Narhi et al., 1990). Recientemente, se ha desarrollado un polvo de baja abrasividad, con un aminoácido esencial, la glicina, que es capaz de eliminar el biofilm, tanto a nivel supra- como sub-gingival sin causar

daños en los tejidos duros ni blandos (Petersilka et al., 2003). Sin embargo, los polvos de baja abrasividad no tienen la capacidad de eliminar cálculo, por lo que su uso está indicado principalmente en el mantenimiento periodontal y, hoy por hoy, no son una alternativa eficaz en el tratamiento periodontal no quirúrgico. En este contexto, se han publicado recientemente dos ensayos clínicos aleatorizados que han comparado el uso de la glicina frente a las curetas (Moene et al., 2010) o los ultrasonidos (Wennström et al., 2011) en el tratamiento de las bolsas residuales en pacientes en mantenimiento periodontal. En ambos estudios, se concluyó que el uso de la glicina ofrecía resultados clínicos y microbiológicos similares al tratamiento convencional, pero con una mayor eficiencia en términos de un menor tiempo de tratamiento y una clara preferencia por parte de los pacientes.

Endoscopia

La endoscopia consiste en la utilización de una fibra de alta magnificación (24-48x), que se introduce dentro de la bolsa periodontal. En realidad, no es un sistema de instrumentación, sino una herramienta que permite detectar cálculo residual y así poder re-instrumentar esa localización. Solo se ha publicado un estudio clínico que haya comparado el RAR con o sin el uso de la endoscopia, y no se encontraron diferencias en términos de reducción de PS o de otras variables clínicas (Geisinger et al., 2007).

Láseres

Los láseres son una de las nuevas tecnologías que más se están estudiando en el campo de la Periodoncia por sus propiedades antimicrobianas, físicas y de ablación. Es importante entender las propiedades físicas de cada láser para saber cuales son sus indicaciones dentro del campo de la periodoncia. En este contexto, los láseres de baja potencia, los diodos, los láseres de Nd:YAG y de CO₂ y la terapia fotodinámica no tienen capacidad de ablación del biofilm ni del cálculo, por lo que su uso es coadyuvante a otra técnica de RAR y buscan mejorar los resultados clínicos y/o microbiológicos en comparación al desbridamiento mecánico solo (Schwarz et al., 2009). Por el contrario, los láseres de Erbium (Er:YAG; Er,Cr:YSGG) sí que tienen la capacidad de desbridar biofilm y cálculo, por lo que pueden suponer una alternativa al RAR convencional y su uso se ha evaluado o bien como único tratamiento o como coadyuvante al desbridamiento mecánico para tratar de ofrecer un valor añadido (Ishikawa et al., 2009).

Los resultados de la revisión incluida en este trabajo (Sanz et al., 2012) muestran como las investigaciones en el uso de los láseres son las que están más de “moda” dentro del campo

del tratamiento periodontal no quirúrgico. Así, se encontró que en el periodo entre 2010 y 2012 se publicaron 14 ensayos clínicos aleatorizados evaluando la eficacia clínica de distintos protocolos que incluían el uso del láser en alguno de los grupos de estudio.

El láser de baja potencia se evaluó en un estudio en el que se comparó el RAR sólo con el uso repetido coadyuvante del láser a 1, 2 y 7 días después del desbridamiento mecánico. Los resultados clínicos, en términos de reducción de la PS y ganancia de NIC fueron superiores en el grupo del láser de baja potencia, aunque no se encontraron diferencias en los niveles de los biomarcadores del fluido crevicular gingival (Aykol et al., 2011).

El uso del láser de Nd:YAG como coadyuvante al desbridamiento mecánico con instrumentos manuales o ultrasonidos se evaluó en cinco publicaciones (Slot et al., 2011; Eltas et al., 2012; Gomez et al., 2011; Qadri et al., 2010; Qadri et al., 2011). Todos los estudios, menos uno (Slot et al., 2011), evaluaron el valor añadido del Nd:YAG en las variables clínicas y en los marcadores inflamatorios del fluido crevicular gingival en periodos comprendidos entre las 8 semanas y los 20 meses tras el tratamiento. Dos de estos estudios también evaluaron las variables microbiológicas (Slot et al., 2011; Gómez et al., 2011), y uno las variables relacionadas con el paciente (Slot et al., 2011). En tres de los cinco estudios, el uso coadyuvante del láser ofreció un valor añadido en las variables clínicas y en los marcadores inflamatorios (Eltas et al., 2012; Qadri et al., 2010; Qadri et al., 2011), en un estudio sólo en los marcadores inflamatorios (Gómez et al., 2011) y en otro estudio no hubo un beneficio adicional ni en las variables clínicas, ni microbiológicas ni en las variables relacionadas con el paciente (Slot et al., 2011). Además, se evaluó otro láser de tejidos blandos con una alta afinidad por la hemoglobina, el láser de potasio-titanil-fosfato (KTP), y se vio que el uso de este láser como coadyuvante al RAR convencional y un enjuague de clorhexidina ofrecían resultados clínicos similares al RAR convencional junto a la povidona yodada (Romeo et al., 2010).

Los láseres de diodo se evaluaron en cuatro ensayos clínicos: uno estudió el diodo de 808-nm como coadyuvante al RAR con ultrasonidos y curetas con fines de bio-estimulación (láser de baja potencia) (Aykol et al., 2011); y tres evaluaron la respuesta clínica del diodo de 810-nm, dos como coadyuvantes al RAR (De Micheli et al., 2011; Lin et al., 2011) y uno como único tratamiento (Cappuyns., 2012), con periodos de seguimiento entre las 4 semanas y 6 meses. De manera adicional, dos estudios evaluaron la respuesta microbiológica (De Micheli et al., 2011; Cappuyns., 2012), uno los marcadores de inflamación (Aykol et al., 2011) y dos las variables relacionadas con el paciente (Lin et al.,

2011; Cappuyns., 2012). Los resultados obtenidos fueron muy heterogéneos, con un estudio mostrando beneficios clínicos en el grupo del láser (Aykol et al., 2011); dos estudios con mejores resultados en el grupo control (sin láser) (De Micheli et al., 2011; Cappuyns., 2012) y un estudio sin diferencias entre grupos, aunque los pacientes mostraron menos molestias en el grupo del láser (Lin et al., 2011). De manera adicional, en un estudio posterior a la realización de la revisión incluida en esta tesis doctoral, se vio que, aunque la aplicación coadyuvante y repetida de un láser de diodo (670 nm) no producía una mejoría en las variables clínicas, sí era capaz de reducir de manera más rápida y significativa los mediadores proinflamatorios y los marcadores de destrucción ósea (Calderín et al., 2013).

El último grupo de láseres que se ha evaluado son los de Erblio. Esta tecnología es la que tiene más aplicaciones en Odontología y en Periodoncia, por su capacidad de actuar sobre tejidos duros y blandos de una forma segura (Ishikawa et al., 2004). Dentro de este grupo caben destacar dos láseres empleados frecuentemente en Periodoncia, el Er:YAG y el Er,Cr:YSGG.

La tecnología Er:YAG es una de las que ha mostrado mayor potencial de uso en el tratamiento de la periodontitis por su capacidad de eliminar de manera eficaz la placa y el cálculo subgingival sin dañar la superficie radicular (Herrero et al., 2010). Además, se le han atribuido otras ventajas, como son: posibilidad de incorporar un sistema “feedback” de detección de cálculo (Figura 2), menor necesidad de anestesia, menor esfuerzo por parte del operador, buena aceptación y mejor post-operatorio del paciente, menor sangrado, efectos bactericidas, mucha seguridad por su acción superficial y mayor preservación del cemento radicular (Ishikawa et al., 2004). Sin embargo, también está sujeto a ciertos inconvenientes, como son: el tiempo de tratamiento es mayor y, generalmente, requiere un desbridamiento mecánico previo; tiene una curva de aprendizaje muy alta y requieren un entrenamiento en la técnica (Figura 3); si no hay suficiente irrigación, tiene riesgo de sobrecalentamiento de las estructuras dentarias; no solventa los problemas de acceder a zonas difíciles, ya que las puntas que transmiten la luz del láser son de zafiro y muy rígidas (Figura 4); y son aparatos muy costosos (Ishikawa et al., 2004). El uso de este láser en el tratamiento de la periodontitis comenzó al principio del año 2000 y entre los años 2010 y 2012 se publicaron, al menos, tres ensayos clínicos. En dos de ellos se comparó el uso del láser de Er:YAG como mono-terapia o como coadyuvante al RAR con un grupo de RAR sólo y con un control negativo (profilaxis supragingival o ningún tratamiento). En ambos estudios, la combinación de RAR y láser no

obtuvo un beneficio clínico adicional en comparación al RAR sólo, pero sí obtuvieron mejores resultados que el grupo de Er:YAG sólo y que el control negativo (Lopes et al., 2010; Rotundo et al., 2010), mientras que en una de las investigaciones los grupos que emplearon el Er:YAG obtuvieron una mayor reducción en el porcentaje de localizaciones con bacterias periodonto-patógenas (Lopes et al., 2010). En otro de los tres estudios publicados, se comparó el uso del Er:YAG sólo con un instrumento sónico, en el tratamiento de bolsas residuales. No se encontraron diferencias entre los grupos en términos de reducción del SaS, aunque hubo una mayor preferencia por parte de los pacientes hacia el grupo del láser (Braun et al., 2010).

Después de 15 años del uso del láser de Er:YAG, se han realizado dos revisiones sistemáticas que han comparado la respuesta clínica del uso de este láser como monoterapia (Sgolastra et al., 2012) o como coadyuvante (Zhao et al., 2014) con el RAR convencional con instrumentos manuales o automáticos. En ambas revisiones se concluyó que el láser de Er:YAG ofreció una respuesta clínica similar al RAR convencional y que puede ser una alternativa eficaz en el tratamiento de las periodontitis crónicas. También se recalcó que, aunque en muchos casos obtienen un mejor resultado en las variables relacionadas con los pacientes, hay que evaluar el coste-beneficio del uso de esta técnica.

El láser de Er,Cr:YSGG se ha incorporado posteriormente, con el fin de mejorar la capacidad de ablación de los tejidos duros y de eliminar cálculo sin alterar significativamente la superficie radicular (Kimura et al., 2011). Sin embargo, en la revisión incluida en la tesis (Sanz et al., 2012) sólo se encontró un ensayo clínico que comparase el uso coadyuvante del láser con el RAR con instrumentos manuales y ultrasonidos. A los 12 meses después del tratamiento se vio que el grupo de láser obtuvo mejores resultados en términos de reducción de la PS y del SaS y en ganancia de NIC (Kelbauskiene et al., 2011).

En resumen, se puede concluir que se están incorporando diferentes nuevas tecnologías en el mercado, aunque muchas no han sido evaluadas con suficientes estudios, y/o de adecuada calidad. En general, los resultados clínicos y microbiológicos obtenidos han sido similares a los obtenidos con el desbridamiento mecánico convencional con dispositivos automáticos o instrumentos manuales aunque, en algunos casos, se han conseguido mejorar las variables relacionadas con el paciente.

Efectividad de un nuevo protocolo de tratamiento que emplea el láser de Er:YAG como coadyuvante al RAR en el tratamiento de la periodontitis crónica

La segunda parte de esta tesis doctoral evaluó la aplicación de un nuevo protocolo, que empleaba el láser de Er:YAG con un sistema “feedback” de detección de cálculo, una semana después de una sesión de desbridamiento de boca completa con ultrasonidos en las localizaciones iniciales con una PS $\geq 4,5$ mm, en comparación a un protocolo convencional que incluía dos sesiones de desbridamiento subgingival con ultrasonidos, separadas una semana. Para ello, se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado, con un diseño paralelo, a simple ciego y con un seguimiento de 12 meses. La eficacia de este protocolo se estudió desde el punto de vista clínico (Sanz-Sánchez et al., 2015a) y microbiológico (Sanz-Sánchez et al., 2015b).

Los resultados clínicos (Sanz-Sánchez et al., 2015a) de este ensayo clínico aleatorizado han mostrado como ambos protocolos de tratamiento fueron efectivos en el tratamiento de pacientes con periodontitis crónica, y resultaron en una mejoría estadísticamente significativa de la variable respuesta principal (cambios en la PS) y en la reducción del porcentaje de localizaciones con SaS. El uso coadyuvante del láser en las localizaciones con una PS inicial moderada/profunda ($\geq 4,5$ mm) resultó en un menor porcentaje de estas localizaciones a los 12 meses, en el grupo test en comparación con el grupo control (17,44% versus 22,83%, respectivamente; $p=0,04$), con una reducción de casi el doble (-11,86% versus -6,24%; $p=0,07$). También se vio una tendencia a la significación respecto a la comparación en la variable de cambio en bolsas “abiertas”: los pacientes en el grupo del láser tenían menos bolsas “abiertas” a los 12 meses que los pacientes del grupo control, definidas como aquellas localizaciones con una PS $\geq 4,5$ mm y con SaS (6,47% versus 11,05%, respectivamente; $p=0,052$). De manera similar, la reducción media de la PS en las localizaciones iniciales $\geq 4,5$ mm fue mayor en el grupo del láser, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas (-0,6 mm versus -0,49 mm, respectivamente; $p=0,081$).

Sin embargo, el efecto global del tratamiento en este estudio clínico fue moderado para ambos grupos de tratamiento (reducción de PS de 0,52 mm en el grupo del láser y 0,36 mm en el control), lo que se situaba por debajo del límite empleado para el cálculo del tamaño muestral. Sin embargo, estos resultados se pueden explicar por las características de la población de estudio incluida, con una PS media en basal de 3,07 mm y un porcentaje relativamente bajo de bolsas iniciales moderadas/profundas (30%). Aun así, ambas

modalidades de tratamiento redujeron de manera significativa las variables respuesta principales (PS y SaS), aunque no se puede saber si las diferencias existentes entre los grupos se debieron al uso coadyuvante del láser de Er:YAG o al hecho de haber comparado dos protocolos de tratamiento distintos.

El **efecto clínico del uso coadyuvante del láser de Er:YAG** se ha evaluado en otras investigaciones con resultados contradictorios (Tabla 1). Así, por ejemplo, un estudio encontró que, después de 3 meses, la combinación de RAR con el Er:YAG obtuvo una mayor reducción de PS y una mayor ganancia de NIC que el RAR solo o en combinación al metronidazol. Sin embargo, el valor clínico añadido se perdió en las visitas sucesivas (Yilmaz et al., 2012). El mismo grupo de investigación encontró unos resultados similares, con mejores resultados clínicos para la combinación de RAR con Er:YAG en comparación al RAR solo o combinado con terapia con gas de ozono (Yilmaz et al., 2013). Por el contrario, en dos estudios se comparó el uso del láser de Er:YAG como mono-terapia, o como coadyuvante al RAR, con un grupo de RAR sólo y con un control negativo (profilaxis supragingival o ningún tratamiento). En ambos estudios, la combinación de RAR y láser no obtuvo un beneficio clínico adicional en comparación al RAR sólo, pero sí obtuvieron mejores resultados que el grupo de Er:YAG sólo y que el control negativo (Lopes et al., 2010; Rotundo et al., 2010). También se ha estudiado la combinación de RAR con láser de Er:YAG, en comparación al láser solo, sin diferencias para ninguna de las variables clínicas después de un año (Schwarz et al., 2003b). La revisión sistemática que ha combinado los resultados de cada una de las investigaciones concluyó que no existen diferencias significativas en la respuesta clínica entre el uso coadyuvante del láser de Er:YAG y el RAR convencional (Zhao et al., 2014).

Cuando el **láser de Er:YAG se ha usado como único tratamiento**, los resultados clínicos también han sido contradictorios (Tabla 2). Así, por ejemplo, en un estudio en el que se comparó el láser de Er:YAG con el RAR con instrumentos manuales, se obtuvieron mejores resultados en el grupo del láser en términos de reducción del SaS y de ganancia de NIC a los 3 y 6 meses (Schwarz et al., 2001), manteniéndose estas diferencias en una publicación posterior con 2 años de seguimiento (Schwarz et al., 2003a). De manera similar, en otro estudio se vio que el tratamiento con el Er:YAG ofrecía mejores resultados en términos de reducción de PS y de ganancia de NIC a 2 años en las localizaciones con una PS inicial ≥ 4 mm (Crespi et al., 2007), mientras que en otro, el beneficio adicional sólo se obtuvo para la ganancia de NIC a los 2 meses (Badran et al., 2012). Por el contrario, otros estudios con una metodología similar han fracasado en demostrar un beneficio adicional del láser en

comparación al RAR convencional (Sculean et al., 2004; Malali et al., 2012) o, incluso, han encontrado peores resultados en el grupo del láser (Soo et al., 2012). La revisión sistemática que ha comparado el uso del láser de Er:YAG como mono-terapia con el tratamiento convencional de RAR ha fracasado en encontrar diferencias significativas para ninguna de las variables clínicas estudiadas (Sgolastra et al., 2012).

Otra de las aplicaciones que se ha estudiado del láser es su efecto en el tratamiento de las bolsas residuales en **pacientes en mantenimiento periodontal** (Tabla 3). Cuando se ha comparado con el tratamiento convencional, no se ha encontrado un valor añadido en ninguno de los estudios que lo ha evaluado (Tomasi et al., 2006; Braun et al., 2010; Ratka-Kruger et al., 2012; Krohn-Dale et al., 2012).

Los resultados microbiológicos de este ensayo clínico aleatorizado (Sanz-Sánchez et al., 2015b) han mostrado como ambos protocolos de tratamiento tuvieron un impacto microbiológico limitado después de 1 año, sin diferencias significativas entre ellos. En este contexto, se observó un cambio mínimo en el logaritmo de las unidades formadoras de colonias totales, sin diferencias entre grupos (de 6,79 a 6,93 en el test; y de 6,97 a 6,69 en el control). Para la frecuencia de detección, se observó un impacto similar y limitado para la mayor parte (más del 80%) de las bacterias periodontales (*P. gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Fusobacterium nucleatum*). En cuanto a la proporción de la microbiota para los principales periodonto-patógenos, hubo una reducción a los 3 meses en la proporción de *P. gingivalis*, tanto en el test como en el control (de 16,3% a 10,0% y de 16,0% a 14,8%, respectivamente), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En el grupo test se observó una tendencia a la significación para la reducción de la proporción de *Eikenella corrodens* (de 1,22% a 0,55%; $p=0,066$) y en el grupo control una reducción significativa en la proporción de *P. intermedia* (de 10,24% a 3,85%; $p=0,014$) y una tendencia a la significación para el aumento de la proporción de *T. forsythia* (de 2,25% a 6,49%; $p=0,09$). Por último, se evaluaron los cambios en las variables clínicas en las localizaciones donde se tomaron las muestras microbiológicas para el cultivo. A los 12 meses, la única diferencia significativa entre los grupos fue para la reducción de PS a los 12 meses (-1,97 mm el grupo del láser y -1,50 mm en el control; $p=0,01$).

El impacto microbiológico del uso del láser de Er:YAG en el tratamiento no quirúrgico de la periodontitis crónica se ha evaluado en otras investigaciones, tanto como mono terapia o como coadyuvante al RAR convencional (Tablas 4 y 5, respectivamente).

Cuando **el láser se ha empleado como único tratamiento** (Tabla 4), la mayor parte de los estudios no encontraron un beneficio adicional desde el punto de vista microbiológico en comparación al RAR convencional. En este sentido, un estudio que empleó la microscopía de campo oscuro demostró que, después de un año, se producía un aumento en la proporción de cocos y una disminución en la de espiroquetas, con una recidiva hacia los morfotipos más patogénicos después de 2 años y sin diferencias entre los grupos de tratamiento (Schwarz et al., 2003a). De un modo similar, pero empleando la microscopia de contraste de fase, un estudio comparó la disminución en los morfotipos patogénicos entre el láser de Er:YAG, los ultrasonidos y las curetas, con reducciones similares en todos los grupos a los 7 y los 90 días después del tratamiento (Malali et al., 2012). En otro estudio que comparó los mismos grupos de tratamiento que en el anterior, pero empleando una técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) semi-cuantitativa, se observó un impacto microbiológico significativo en todos los grupos, pero sin diferencias entre ellos a los 3 y a los 6 meses (Derdilopoulou et al., 2007).

Este láser también se ha evaluado como **coadyuvante al RAR convencional** (Tabla 5). En un estudio en el que se comparó el láser de Er:YAG solo o como coadyuvante al desbridamiento mecánico con el RAR convencional, se observó que los grupos en los que se había empleado el láser la respuesta microbiológica (por PCR) fue mejor a los 12 meses (Lopes et al., 2010). Cuando el uso coadyuvante del láser se ha comparado con el RAR convencional solo y con el coadyuvante de metronidazol sistémico (Yilmaz et al., 2012) o la terapia coadyuvante con ozono (Yilmaz et al., 2013), se vio que todas las modalidades de tratamiento disminuyeron significativamente los recuentos totales y la proporción de bacterias anaerobias (mediante cultivo), pero sin diferencias significativas entre ellas (Tabla 5).

Al igual que en los estudios clínicos, se ha evaluado el impacto microbiológico del láser de Er:YAG en el tratamiento de bolsas residuales de pacientes en **mantenimiento periodontal** (Tabla 6). De nuevo, no se observó ninguna diferencia entre los grupos, ni empleando hibridación ADN-ADN en tablero de ajedrez ("chekerboard") con una sola aplicación del láser (Tomasi et al., 2006) o con aplicaciones repetidas cada 3 meses (Krohn-Dale et al., 2012), ni empleando la tecnología por PCR (Ratka-Krüger et al., 2012).

En resumen, los resultados microbiológicos de esta investigación son similares a los obtenidos en otras publicaciones, sin un beneficio adicional del láser de Er:YAG, ni como único tratamiento (Tabla 4) ni como coadyuvante al RAR convencional (Tabla 5). La

heterogeneidad de los resultados microbiológicos obtenidos entre las publicaciones se puede deber a distintos factores, como son la variabilidad de las tecnologías empleadas para la detección de bacterias (visual, cultivo, molecular), la selección de poblaciones con distintos perfiles microbiológicos, el tipo y la severidad de periodontitis, el protocolo de tratamiento realizado (Del Peloso Ribeiro et al., 2008), la estrategia de toma de muestras (Casas et al., 2007) o las diferencias en el diseño de estudio (boca partida o paralelo). A pesar de todos estos factores, el posible beneficio microbiológico adicional del uso del Er:YAG parece limitado en el tiempo, ya que la recolonización bacteriana ocurre de manera temprana (Cugini et al., 2000).

A pesar de la ausencia de diferencias significativas en las variables microbiológicas, el Estudio 2 ha encontrado un beneficio clínico en el protocolo que empleaba el láser de Er:YAG, tanto a nivel de toda la boca como en las localizaciones en las que se tomaron las muestras. Esta discrepancia aparente se podría explicar por los cambios que pueden acontecer en la superficie radicular y/o la capacidad en la eliminación diferencial de los depósitos mineralizados que se consiguen con la aplicación del láser (Herrero et al., 2010). Además, un estudio demostró que la aplicación del láser de Er:YAG mejoraba el proceso de reparación del tejido conectivo mediante la promoción del crecimiento de los fibroblastos, resultando en una reducción de PS y en ganancia de NIC (Pourzarandian et al., 2005).

La justificación de haber realizado un nuevo estudio empleando el láser de Er:YAG, cuando ya hay suficiente evidencia que demuestra que puede ser una alternativa igual de eficaz que el RAR convencional y que, cuando se usa como coadyuvante, no aporta un valor añadido, se fundamenta en varios puntos. Primero, que existía una gran heterogeneidad en los resultados obtenidos por los distintos grupos de investigación, por lo que era importante evaluar que factores pueden llevar a esas diferencias. En segundo lugar, todos los estudios que anteriormente han empleado el láser como coadyuvante lo han hecho el mismo día que se realizó el desbridamiento mecánico con dispositivos automáticos y/o instrumentos manuales. La hipótesis del presente trabajo de investigación se fundamentó en emplear el láser una semana después del desbridamiento mecánico, con el fin de disminuir el sangrado en el interior de la bolsa periodontal y así mejorar las propiedades ópticas de la luz del láser, favoreciendo la capacidad de detección del cálculo del sistema “feedback” y la absorción de los fotones emitidos con capacidad de ablación. En tercer lugar, el láser sólo se empleó en bolsas $\geq 4,5$ mm, que son en las que el desbridamiento convencional tiene más limitaciones para dejar una superficie radicular completamente limpia y lisa. Otro aspecto que ha llevado a realizar un nuevo protocolo de investigación es

que la mayor parte de los estudios que evaluaron el láser de Er:YAG como coadyuvante al RAR emplearon un diseño de ensayo clínico de boca partida, con los inconvenientes que esto puede suponer a la hora de independizar los resultados de distintos grupos de estudio dentro de la misma boca. Por último, al láser de Er:YAG siempre se le ha achacado que, aunque sea eficaz en eliminar el biofilm y el cálculo, es poco eficiente en términos del tiempo necesario para alcanzar su objetivo. Con este nuevo enfoque propuesto, se pretendía acortar los tiempos de tratamiento, al emplearse el láser sólo en las localizaciones con una profundidad de sondaje inicial $\geq 4,5$ mm, después de haber realizado el desbridamiento mecánico con ultrasonidos una semana antes. De hecho, el análisis del tiempo total de tratamiento mostró como con el protocolo del láser se emplearon de media 72 minutos (rango 55-90), mientras que en el protocolo de RAR convencional con ultrasonidos se invirtieron 99 minutos (rango 90-120).

Limitaciones del estudio

Una posible limitación de este estudio clínico aleatorizado es que cada protocolo de tratamiento fue realizado por un operador diferente, lo que podría haber influido en las diferencias observadas entre los grupos y, más aun, cuando está muy bien documentado que la instrumentación subgingival requiere una destreza manual y una experiencia adecuadas. Sin embargo, se decidió emplear dos terapeutas distintos para evitar el sesgo del operador, ya que el enmascaramiento al grupo de tratamiento fue imposible. Con el fin de disminuir este sesgo, cada uno de los operadores participó en una sesión de entrenamiento y calibración, que consistió en el tratamiento de 10 pacientes ajenos al estudio con el protocolo asignado a cada uno.

Otro de los factores que ha podido influir en los resultados es que las bolsas moderadas/profundas en el grupo del láser recibieron dos tratamientos, mientras que en el grupo control solo recibieron uno. Sin embargo, el objetivo de este estudio clínico no fue evaluar el efecto coadyuvante del láser, sino comparar dos protocolos de tratamiento bajo una justificación coherente.

Otra posible limitación está relacionada con la imprecisión y el error derivados del método del sondaje, ya que aunque se trató de minimizar este aspecto con el uso de una sonda de presión controlada, las mediciones se podrían haber visto influenciadas por no haber

usado una férula individual que estandarizase la angulación y el punto de entrada de la sonda.

Desde el punto de vista estadístico caben mencionar algunos aspectos que han podido influir en los resultados. Así, las diferencias en los valores medios y en las frecuencias de distribución de PS podrían deberse a que no hubo una distribución normal de los datos o problemas con la agrupación de los mismos, con algunos pacientes contribuyendo con muchas localizaciones profundas y otros con pocas.

Por último, uno de los factores que ha podido influir en que no se encontraran diferencias desde el punto de vista microbiológico es el tamaño muestral reducido, que se calculó en función de las variables clínicas y no de las microbiológicas.

Razones para justificar la falta de diferencias significativas entre el RAR convencional y los nuevos avances terapéuticos

La revisión exhaustiva llevada a cabo en esta tesis doctoral sobre el tratamiento periodontal no quirúrgico ha demostrado que, pese a que están surgiendo nuevos avances tecnológicos y nuevos enfoques en la terapia de la periodontitis, los resultados suelen obtener un efecto clínico y microbiológico similar, respecto al del tratamiento convencional. En este contexto, surgen varias preguntas que deberían ir contestándose en futuras investigaciones.

¿Puede ser que el tratamiento periodontal convencional ya tenga un gran efecto y sea difícil detectar las diferencias por ello?

La revisión de la literatura ha demostrado que el tratamiento periodontal no quirúrgico es efectivo en controlar la mayor parte de las periodontitis crónicas, especialmente en los casos de periodontitis iniciales y moderadas, que a su vez, son las formas más prevalentes de la enfermedad. El efecto clínico, en términos de reducción de PS y de la ganancia de NIC, parece ser bastante consistente y está directamente relacionado con el grado de severidad de la enfermedad, con las técnicas de higiene oral llevadas a cabo por parte del paciente, con la instauración de un correcto protocolo de mantenimiento periodontal a largo plazo y con el control de ciertos factores de riesgo como el tabaco o el control glicémico. Se ha visto incluso que aunque no se pueda eliminar correctamente todo el biofilm y el cálculo de las superficies radiculares, la respuesta al tratamiento es exitosa en la mayor parte de

los casos, ya que se consigue alcanzar un equilibrio entre las bacterias patógenas y la respuesta del huésped.

La razón por la que los nuevos avances tecnológicos y los nuevos enfoques de tratamiento no mejoren los resultados obtenidos con el tratamiento convencional podría deberse a que la magnitud del efecto del tratamiento está directamente determinado por los factores expuestos anteriormente y por el hecho de que la eliminación del agente causal tenga un potencial de cicatrización determinado. Además, hay que tener en cuenta que la recolonización bacteriana empieza poco después de finalizar el tratamiento, por lo que independientemente del protocolo de tratamiento o del instrumento de eliminación mecánica que se emplee, el efecto clínico a medio o largo plazo es similar. No obstante, esto son conjeturas que deberán aclararse en futuras investigaciones.

¿Puede que las diferencias sean estadísticamente significativas pero clínicamente no relevantes?

Al analizar de manera independiente las distintas publicaciones que han aparecido en este campo, se ha visto que son muy pocas las que han encontrado un valor adicional, significativo desde el punto de vista estadístico, de un nuevo enfoque de tratamiento en comparación al RAR convencional. Sin embargo, es importante valorar si estas diferencias significativas son relevantes desde el punto de vista clínico. Éste es un aspecto controvertido, ya que se dispone de muchas herramientas estadísticas para diseñar estudios en los que se busca detectar una diferencia. Sin embargo, uno de los retos de los estudios comparativos es determinar si las diferencias desde el punto de vista estadístico lo son realmente desde el punto de vista clínico. Resolver esta cuestión es complicado y, hoy por hoy, no se dispone de una respuesta contundente. Sí está definido que cualquier valor añadido que impida el tener que realizar un tratamiento más avanzado, como es la cirugía periodontal, sería clínicamente relevante.

¿Puede que haya que buscar las diferencias en las variables basadas en el paciente y no en las variables clínicas?

Se ha demostrado que el tratamiento periodontal no quirúrgico de la periodontitis crónica es uno de los procedimientos terapéuticos avalados con una mayor evidencia y mejor documentados en la literatura científica. Es por ello que muchas de las nuevas investigaciones que se publican en este campo están encaminadas a detectar diferencias en las variables relacionadas con el paciente. En este sentido es importante recalcar que, pese a que los resultados del RAR son predecibles, están sujetos a varias secuelas, como

son la hipersensibilidad dental y los problemas estéticos derivados de la recesión gingival y de la pérdida de tejido interdentario. En este sentido, se observa que con los nuevos enfoques o con las nuevas tecnologías se está buscando que el paciente afronte el tratamiento con menos dolor y menos molestias postoperatorias. Sin embargo, hoy en día no se dispone de la solución para conseguir el mismo efecto clínico en términos de reducción de PS y ganancia de NIC pero con menos recesión de los tejidos blandos. Es justamente este punto en el que se podría buscar un valor añadido potencial de las nuevas tecnologías que van surgiendo en el mercado.

¿Cuál es el coste-beneficio de los nuevos enfoques terapéuticos y las nuevas tecnologías?

Como se ha demostrado a lo largo de todo este trabajo, uno de los puntos más importantes a valorar en las investigaciones presentes y futuras es la eficiencia, dentro de la cual el coste-beneficio del tratamiento juega un papel muy importante. En este sentido se busca conseguir el mismo efecto clínico pero con un menor tiempo de tratamiento, menores costes, menos efectos adversos y mejor aceptación por parte del paciente. Sin embargo, muchas de las nuevas tecnologías que han mostrado un efecto clínico similar al RAR convencional no han conseguido mejorar todos los puntos a tener en cuenta a la hora de valorar la eficiencia. Así, por ejemplo, el láser de Er:YAG ha mostrado ser igual de efectivo que el RAR convencional, mejorando incluso en algunos casos la respuesta clínica y microbiológica y obteniendo una mejor aceptación por parte del paciente y menos problemas postoperatorios. Sin embargo, es una modalidad de tratamiento que requiere emplear más tiempo y son aparatos que en muchas ocasiones están por encima de los 50.000€. Por todo ello, es fundamental que en el futuro no sólo se evalúe la eficacia de los procedimientos, sino también su eficiencia.

VIII. CONCLUSIONES

El uso coadyuvante del láser de Er:YAG ha mostrado tener un efecto clínico y microbiológico similar al tratamiento convencional con curetas o sistemas automáticos en el tratamiento no quirúrgico de la periodontitis crónica.

La actualización de la evidencia científica demuestra que la evaluación de los láseres en el tratamiento periodontal no quirúrgico atrae, hoy en día, más atención, que las modificaciones en los sistemas convencionales, los nuevos protocolos de acción u otros avances tecnológicos.

Un nuevo protocolo de tratamiento que empleaba el láser de Er:YAG como coadyuvante al desbridamiento de boca completa con ultrasonidos ha demostrado un beneficio clínico adicional en la reducción del porcentaje de bolsas moderadas/profundas y una tendencia a disminuir las bolsas “abiertas”.

El uso coadyuvante del láser de Er:YAG, en comparación al desbridamiento convencional con ultrasonidos, no aportó un beneficio adicional desde el punto de vista microbiológico.

IX. REFERENCIAS

- Adriaens, P.A., Edwards, C.A., De Boever, J.A., Loesche, W.J. (1988) Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. *Journal of Periodontology* **59**, 493-503.
- Adriaens, P.A., Adriaens, L.M. (2004) Effects of nonsurgical periodontal therapy on hard and soft tissues. *Periodontology 2000* **36**, 121-145.
- Ando, Y., Aoki, A., Watanabe, H., Ishikawa, I. (1996) Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers in Surgical Medicine* **19**, 190-200.
- Axelsson, P., Lindhe, J. (1978) Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. *Journal of Clinical Periodontology* **5**, 133-151.
- Axelsson, P., Lindhe, J. (1981) The significance of maintenance care in the treatment of periodontal disease. *Journal of Clinical Periodontology* **8**, 281-294.
- Aykol, G., Baser, U., Maden, I., Kazak, Z., Onan, U., Tanrikulu-Kucuk, S., et al. (2011) The effect of low-level laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment. *Journal of Periodontology* **82**, 481-488.
- Badran, Z., Boutigny, H., Struillou, X., Weiss, P., Laboux, O., Soueidan, A. (2012) Clinical outcomes after nonsurgical periodontal therapy with an Er:YAG laser device: A randomized controlled pilot study. *Photomedicine and Laser Surgery* **30**, 347-353.
- Braun, A., Jepsen, S., Deimling, D., Ratka-Kruger, P. (2010) Subjective intensity of pain during supportive periodontal treatment using a sonic scaler or an Er:YAG laser. *Journal of Clinical Periodontology* **37**, 340-345.
- Brayer, W.K., Mellonig, J.T., Dunlap, R.M., Marinak, K.W., Carson, R.E. (1989) Scaling and root planing effectiveness: the effect of root surface access and operator experience. *Journal of Periodontology* **60**, 67-72.
- Buchanan, S.A., Robertson, P.B. (1987) Calculus removal by scaling/root planing with and without surgical access. *Journal of Periodontology* **58**, 159-163.
- Calderín, S., García-Núñez, J.A., Gómez, C. (2013) Short-term clinical and osteoimmunological effects of scaling and root planing complemented by simple or repeated laser phototherapy in chronic periodontitis. *Lasers in Medical Science* **28**, 157-66.
- Cappuyns, I., Cionca, N., Wick, P., Giannopoulou, C., Mombelli, A. (2012) Treatment of residual pockets with photodynamic therapy, diode laser, or deep scaling. A randomized, split-mouth controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science* **27**, 979-986.
- Casarin, R.C.V., Bittencourt, S., Del Peloso Ribeiro, E., Nociti, F.H., Sallum, A.W., Sallum, E.A., et al. (2010) Influence of immediate attachment loss during instrumentation employing thin ultrasonic tips on clinical response to nonsurgical periodontal therapy. *Quintessence International* **41**, 249-256.

- Casas, A., Herrera, D., Martín-Carnes, J., González, I., O'Connor, A., Sanz, M. (2007) Influence of sampling strategy on microbiologic results before and after periodontal treatment. *Journal of Periodontology* **78**, 1103-1112.
- Chapple, I.L.C., Genco, R., and on behalf of working group 2 of the joint EFP/AAP workshop. (2013) Diabetes and periodontal diseases: consensus report of the Joint EFP/ AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Diseases. *Journal of Periodontology* **40 (Suppl. 14)**, S106-S112.
- Chung, J.E., Koh, S.A., Kim, T.I., Seol, Y.J., Lee, Y.M., Ku, Y., et al. (2011) Effect of eutectic mixture of local anesthetics on pain perception during scaling by ultrasonic or hand instruments: a masked randomized controlled trial. *Journal of Periodontology* **82**, 259-266.
- Cobb, C.M. (1996) Non-surgical pocket therapy: mechanical. *Annals of Periodontology* **1**, 443-490.
- Cobb, C.M. (2006) Lasers in periodontics: a review of the literature. *Journal of Periodontology* **77**, 545-564.
- Crespi, R., Cappare, P., Toscanelli, I., Gherlone, E., Romanos, G.E. (2007) Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment: A 2-year follow-up split-mouth clinical study. *Journal of Periodontology* **78**, 1195-1200.
- Cugini, M.A., Haffajee, A.D., Smith, C., Kent, R.L., Socransky, S.S. (2000) The effect of scaling and root planing on the clinical and microbiological parameters of periodontal diseases: 12- month results. *Journal of Clinical Periodontology* **27**, 30-36.
- Danser, M.M., Timmerman, M.F., van Winkelhoff, A.J., van der Velden, U. (1996) The effect of periodontal treatment on periodontal bacteria on the oral mucous membranes. *Journal of Periodontology* **67**, 478-485.
- De Micheli, G., de Andrade, A.K., Alves, V.T., Seto, M., Pannuti, C.M., Cai, S. (2011) Efficacy of high intensity diode laser as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized controlled trial. *Lasers in Medical Science* **26**, 43-48.
- Del Peloso Ribeiro, E., Bittencourt, S., Sallum, E.A., Nociti, F.H. Jr., Gonçalves, R.B., Casati, M.Z. (2008) Periodontal debridement as a therapeutic approach for severe chronic periodontitis: a clinical, microbiological and immunological study. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 789-798.
- Derdilopoulou, F.V., Nonhoff, J., Neumann, K., Kielbassa, A.M. (2007) Microbiological findings after periodontal therapy using curettes, Er:YAG laser, sonic, and ultrasonic scalers. *Journal of Clinical Periodontology* **34**, 588-598.
- Domínguez, A., Gómez, C., García-Kass, A.I., García-Núñez, J.A. (2010) IL-1beta, TNF-alpha, total antioxidative status and microbiological findings in chronic periodontitis treated with fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation. *Lasers in Surgery and Medicine* **42**, 24-31.
- Dos Santos, K.M., Pinto, S.C., Pochapski, M.T., Wambier, D.S., Pilatti, G.L., Santos, F.A. (2009) Molar furcation entrance and its relation to the width of curette blades used in periodontal mechanical therapy. *International Journal of Dental Hygiene* **7**, 263-269.

- Eberhard, J., Jervøe-Storm, P.M., Needleman, I., Worthington, H., Jepsen, S. (2008) Full-mouth treatment concepts for chronic periodontitis: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 591–604.
- Eke, P.I., Dye, B.A., Wei, L., Thornton-Evans, G.O., Genco, R.J. (2012) Prevalence of periodontitis in adults in the United States: 2009 and 2010. *Journal of Dental Research* **91**, 914-920.
- Elley, K., Gold, L., Burls, A., Gray, M. (2001) Scale and Polish for Chronic Periodontal Disease. A West Midlands Development and Evaluation Service Report, Birmingham, UK: West Midlands Health Technology Assessment Group.
- Eltas, A., Orbak, R. (2012) Effect of 1,064-nm Nd:YAG laser therapy on GCF IL-1beta and MMP-8 levels in patients with chronic periodontitis. *Lasers in Medical Science* **27**, 543-550.
- Folwaczny, M., Benner, K.U., Flasskamp, B., Mehl, A., Hickel, R. (2003) Effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces treated in situ: a histological study. *Journal of Periodontology* **74**, 360-365.
- Geisinger, M.L., Mealey, B.L., Schoolfield, J., Mellonig, J.T. (2007) The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope. *Journal of Periodontology* **78**, 22-28.
- Gomez, C., Dominguez, A., Garcia-Kass, A.I., Garcia-Nunez, J.A. (2011) Adjunctive Nd:YAG laser application in chronic periodontitis: clinical, immunological, and microbiological aspects. *Lasers in Medical Science* **26**, 453-463.
- Gorr, S-U., Abdolhosseini, M. (2011) Antimicrobial peptides and periodontal disease. *Journal of Clinical Periodontology* **38** (Suppl. 11), 126–141.
- Guentsch, A., Preshaw, P.M. (2008) The use of a linear oscillating device in periodontal treatment: a review. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 514-524.
- Haffajee, A.D., Socransky, S.S. (2006) Introduction to microbial aspects of periodontal biofilm communities, development and treatment. *Periodontology 2000* **42**, 7-12.
- Haffajee, A.D., Cugini, M.A., Dibart, S., Smith, C., Kent, R.L., Socransky, S.S. (1997) The effect of SRP on the clinical and microbiological parameters of periodontal diseases. *Journal of Clinical Periodontology* **24**, 324–334.
- Hallmon, W.W., Rees, T.D. (2003) Local anti-infective therapy: mechanical and physical approaches. A systematic review. *Annals of Periodontology* **8**, 99-114.
- Hanes, P.J., Purvis, J.P. (2003) Local anti-infective therapy: pharmacological agents. A systematic review. *Annals of Periodontology* **8**, 79-98.
- Harper, D.S., Robinson, P.J. (1987) Correlation of histometric, microbial, and clinical indicators of periodontal disease status before and after root planing. *Journal of Clinical Periodontology* **14**, 190–196.
- Heitz-Mayfield, L.J., Trombelli, L., Heitz, F., Needleman, I., Moles, D. (2002) A systematic review of the effect of surgical debridement vs non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **29** (Suppl 3), S92-S102.

- Herrera, D., Sanz, M., Jepsen, S., Needleman, I., Roldán S. (2002) A systematic review on the effect of systemic antimicrobials as an adjunct to scaling and root planing in periodontitis patients. *Journal of Clinical Periodontology* **29**(Suppl. 3), S136–S159.
- Herrera, D., Alonso, B., León, R., Roldán, S., Sanz, M. (2008) Antimicrobial therapy in periodontitis: the use of systemic antimicrobials against the subgingival biofilm. *Journal of Clinical Periodontology* **35** (Suppl. 8), S45–S66.
- Herrero, A., García-Kass, A.I., Gómez, C., Sanz, M., García-Núñez, J.A. (2010) Effect of two kinds of Er:YAG laser systems on root surface in comparison to ultrasonic scaling: an in vitro study. *Photomedicine and Laser Surgery* **28**, 497-504.
- Hung, H.C., Douglass, C.W. (2002) Meta-analysis of the effect of scaling and root planing, surgical treatment and antibiotic therapies on periodontal probing depth and attachment loss. *Journal of Clinical Periodontology* **29**, 975–986.
- Ishikawa, I., Aoki, A., Takasaki, A.A. (2004) Potential applications of Erbium:YAG laser in periodontics. *Journal of Periodontal Research* **39**, 275-285.
- Ishikawa, I., Aoki, A., Takasaki, A.A., Mizutani, K., Sasaki, K.M., Izumi, Y. (2009) Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontology 2000* **50**, 90-126.
- Israel M., Cobb, C.M., Rossmann, J.A., Spencer, P. (1997) The effects of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study. *Journal of Clinical Periodontology* **24**, 595-602.
- Kelbauskiene, S., Baseviciene, N., Goharkhay, K., Moritz, A., Machiulskiene, V. (2011) One-year clinical results of Er,Cr:YSGG laser application in addition to scaling and root planing in patients with early to moderate periodontitis. *Lasers in Medical Science* **26**, 445-452.
- Kimura, Y., Yu, D.G., Kinoshita, J., Hossain, M., Yokoyama, K., Murakami, Y., et al. (2001) Effects of erbium, chromium:YSGG laser irradiation on root surface: morphological and atomic analytical studies. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* **19**, 69-72.
- Kinane, D.F., Mark Bartold, P. (2007) Clinical relevance of the host responses of periodontitis. *Periodontology 2000* **43**, 278-293.
- Knöfler, G.U., Purschwitz, R.E., Eick, S., Pfister, W., Roedel, M., Jentsch, H.F.R. (2011) Microbiologic findings 1 year after partial- and full-mouth scaling in the treatment of moderate chronic periodontitis. *Quintessence International* **42**, 107-117.
- Knowles, J.W., Burgett, F.G., Nissle, R.R., Shick, R.A., Morrison, E.C., Ramfjord, S.P. (1979) Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level. Eight years. *Journal of Periodontology* **50**, 225-233.
- Konig J., Holtfreter, B., Kocher, T. (2010) Periodontal health in Europe: future trends based on treatment needs and the provision of periodontal services. Position paper 1. *European Journal of Dental Education* **14** (Suppl 1), 4-24.
- Kontturi-Narhi, V., Markkanen, S., Markkanen, H. (1990) Effects of airpolishing on dental plaque removal and hard tissues as evaluated by scanning electron microscopy. *Journal of Periodontology* **61**, 334-338.

Krause, F., Braun, A., Brede, O., Eberhard, J., Frentzen, M., Jepsen, S. (2007) Evaluation of selective calculus removal by a fluorescence feedback-controlled Er:YAG laser in vitro. *Journal of Clinical Periodontology* **34**, 66–71.

Krohn-Dale, I., Bøe, O.E., Enersen, M., Leknes, K.N. (2012) Er:YAG laser in the treatment of periodontal sites with recurring chronic inflammation: A 12-month randomized, controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 745-752.

Labriola, A., Needleman, I., Moles, D.R. (2005) Systematic review of the effect of smoking on nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology 2000* **37**, 124-137.

Laleman, I., Yilmaz, E., Ozcelik, O., Haytak, C., Pauwels, M., Rodríguez-Herrero E., Slomka, V., Quirynen, M., Alkaya, B., Teughels, W. (2015) The effect of a streptococci containing probiotic in periodontal therapy: a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology* doi: 10.1111/jcpe.12464.

Lang, N.P., Tan, W.C., Krähenmann, M.A., Zwahlen, M. (2008) A systematic review of the effects of full-mouth debridement with and without antiseptics in patients with chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **35** (Suppl. 8), 8–21.

Lin, J., Bi, L., Wang, L., Song, Y., Ma, W., Jensen, S., et al. (2011) Gingival curettage study comparing a laser treatment to hand instruments. *Lasers in Medical Science* **26**, 7-11.

Linden, G.J., Lyons, A., Scannapieco, F.A. (2013) Periodontal systemic associations: review of the evidence. *Journal of Clinical Periodontology* **40** (Suppl. 14), S8–S19.

Lindhe, J., Nyman, S. (1984) Long-term maintenance of patients treated for advanced periodontal disease. *Journal of Clinical Periodontology* **11**, 504-514.

Llodra Calvo, J.C., Oliver, A., Ingles, M., Novell, M., Villa, A. (2012) Contributions and perspectives of the multiprofessional team to the health basket in primary care. SESPAS report 2012. *Gaceta Sanitaria* **26** (Suppl 1), 118-123.

Lopes, B.M.V., Theodoro, L.H., Melo, R.F., Thompson, G.M.A., Marcantonio, R.A.C. (2010) Clinical and microbiologic follow-up evaluations after non-surgical periodontal treatment with Erbium:YAG laser and scaling and root planing. *Journal of Periodontology* **81**, 682-691.

Malali, E., Kadir, T., Noyan, U. (2012) Er:YAG lasers versus ultrasonic and hand instruments in periodontal therapy: clinical parameters, intracrevicular micro-organism and leukocyte counts. *Photomedicine and Laser Surgery* **30**, 543-550.

Matesanz-Pérez, P., García-Gargallo, M., Figuero, E., Bascones-Martínez, A., Sanz, M., Herrera, D. (2013) A systematic review on the effects of local antimicrobials as adjuncts to subgingival debridement, compared with subgingival debridement alone, in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **40**, 227–241.

Mehl, A., Folwaczny, M., Haffner, C., Hickel, R. (1999) Bactericidal effects of 2.94 microns Er:YAG-laser radiation in dental root canals. *Journal of Endodontics* **25**, 490-493.

Meissner, G., Oehme, B., Strackeljan, J., Kocher, T. (2008) Clinical subgingival calculus detection with a smart ultrasonic device: a pilot study. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 126-132.

- Moene, R., Decaillet, F., Andersen, E., Mombelli, A. (2010) Subgingival plaque removal using a new air-polishing device. *Journal of Periodontology* **81**, 79-88.
- Mousques, T., Listgarten, M.A., Phillips, R.W. (1980) Effect of scaling and root planing on the composition of the human subgingival microbial flora. *Journal of Periodontal Research* **15**, 144- 151.
- Muhney, K.A., Dechow, P.C. (2010) Patient's perception of pain during ultrasonic debridement: a comparison between piezoelectric and magnetostrictive scalers. *Journal of Dental Hygiene* **84**, 185-189.
- Page, R.C., Kornman, K.S. (1997) The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontology 2000* **14**, 9-11.
- Page, R.C., Offenbacher, S., Schroeder, H.E., Seymour, G.J., Kornman, K.S. (1997) Advances in the pathogenesis of periodontitis: summary of developments, clinical implications and future directions. *Periodontology 2000* **14**, 216-248.
- Pandit, N., Gupta, R., Chandoke, U., Gugnani, S. (2010) Comparative evaluation of topical and electronic anesthesia during scaling and root planing. *Journal of Periodontology* **81**, 1035-1040.
- Pedrazzoli, V., Kilian, M., Karring, T., Kirkegaard, E. (1991) Effect of surgical and non-surgical periodontal treatment on periodontal status and subgingival microbiota. *Journal of Clinical Periodontology* **18**, 598-604.
- Pera, C., Ueda, P., Casarin, R.C.A.V., Ribeiro, F.V., Pimentel, S.P., Casati, M.R.Z., et al. (2012) Double-blind randomized clinical trial evaluating the effect of a triclosan/copolymer dentifrice on periodontal healing after one-stage full-mouth debridement. *Journal of Periodontology* **83**, 909-916.
- Petersilka, G.J., Ehmke, B., Flemmig, T.F. (2002) Antimicrobial effects of mechanical debridement. *Periodontology 2000* **28**, 56-71.
- Petersilka, G.J., Bell, M., Mehl, A., Hickel, R., Flemmig, T.F. (2003) Root defects following air polishing. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 165-170.
- Pinheiro, S.L., Donega, J.M., Seabra, L.M., Adabo, M.D., Lopes, T., do Carmo, T.H., et al. (2010) Capacity of photodynamic therapy for microbial reduction in periodontal pockets. *Lasers in Medical Science* **25**, 87-91.
- Polak, D., Martin, C., Sanz-Sánchez, I., Beyth, N., Shapira, L. (2015) Are anti-inflammatory agents effective in treating gingivitis as solo or adjunct therapies? A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **42 (Suppl. 16)**, S139-S151.
- Pourzarandian, A., Watanabe, H., Ruwanpura, S., Aoki, A., Ishikawa, I. (2005) Effect of low-level Er:YAG laser irradiation on cultured human gingival fibroblasts. *Journal of Periodontology* **76**, 187-193.
- Preshaw, P.M., Hefti, A.F., Jepsen, S., Etienne, D., Walker, C., Bradshaw, M.H. (2004) Subantimicrobial dose doxycycline as adjunctive treatment for periodontitis. A review. *Journal of Clinical Periodontology* **31**, 697-707.
- Qadri, T., Poddani, P., Javed, F., Tuner, J., Gustafsson, A. (2010) A short-term evaluation of Nd:YAG laser as an adjunct to scaling and root planing in the treatment of

periodontal inflammation. *Journal of Periodontology* **81**, 1161-1166.

Qadri, T., Javed, F., Poddani, P., Tuner, J., Gustafsson, A. (2011) Long-term effects of a single application of a water-cooled pulsed Nd:YAG laser in supplement to scaling and root planing in patients with periodontal inflammation. *Lasers in Medical Science* **26**, 763-766.

Quirynen, M., Bollen, C.M., Vandekerckhove, B.N., Dekeyser, C., Papaioannou, W., Eyssen, H. (1995) Full- vs. partial-mouth disinfection in the treatment of periodontal infections: short-term clinical and microbiological observations. *Journal of Dental Research* **74**, 1459-1467.

Ratka-Krüger, P., Mahl, D., Deimling, D., et al. (2012) Er:YAG laser treatment in supportive periodontal therapy. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 483-489.

Romeo, U., Palaia, G., Botti, R., Leone, V., Rocca, J.P., Polimeni, A. (2010) Non-surgical periodontal therapy assisted by potassium-titanyl-phosphate laser: a pilot study. *Lasers in Medical Science* **25**, 891-899.

Rotundo, R., Nieri, M., Cairo, F., Franceschi, D., Mervelt, J., Bonaccini, D., et al. (2010) Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology* **37**, 526-533.

Santos, V.R., Ribeiro, F.V., Lima, J.A., Miranda, T.S., Feres, M., Bastos, M.F., et al. (2012) Partial- and full-mouth scaling and root planing in type 2 diabetic subjects: a 12-mo follow-up of clinical parameters and levels of cytokines and osteoclastogenesis-related factors. *Journal of Periodontal Research* **47**, 45-54.

Sanz, M., van Winkelhoff, A.J. (2011) Periodontal infections: understanding the complexity. Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology* **38 (Suppl 11)**, S3-S6.

Sanz, M., Teughels, W. (2008) Group A of European Workshop on Periodontology. Innovations in non-surgical periodontal therapy: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology* **35(8 Suppl)**, S3-S7.

Sanz, M., Kornman, K., and on behalf of working group 3 of the joint EFP/AAP workshop. (2013) Periodontitis and adverse pregnancy outcomes: consensus report of the Joint EFP/AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Diseases. *Journal of Clinical Periodontology* **40 (Suppl. 14)**, S164-S169.

Sanz I., Alonso B., Carasol M., Herrera D., Sanz M. (2012) Nonsurgical treatment of periodontitis. *Journal of Evidence Based Dental Practice* **12 (S1)**, 76-86.

Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Matos R., Herrera D., Sanz M. (2015a) Clinical efficacy of subgingival debridement with adjunctive erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment in patients with chronic periodontitis: a randomised clinical trial. *Journal of Periodontology* **86**, 527-535.

Sanz-Sánchez I., Ortiz-Vigón A., Herrera D., Sanz M. (2015b) Microbiological effects and recolonisation patterns after adjunctive subgingival debridement with Er:YAG laser. *Clinical Oral Investigations* DOI: 10.1007/s00784-015-1617-y.

Sbordone, L., Ramaglia, L., Gulletta, E., Iacono, V. (1990) Recolonization of the

subgingival microflora after scaling and root planing in human periodontitis. *Journal of Periodontology* **61**, 579-584.

Schwarz, F., Sculean, A., Georg, T., Reich, E. (2001) Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *Journal of Periodontology* **72**, 361-367.

Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E., Becker, J. (2003a) Periodontal treatment with an Er: YAG laser compared to scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *Journal of Periodontology* **74**, 590-596.

Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E., Becker, J. (2003b) Clinical evaluation of an Er:YAG laser combined with scaling and root planing for non-surgical periodontal treatment. A controlled, prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 26-34.

Schwarz, F., Bieling, K., Venghaus, S., Sculean, A., Jepsen, S., Becker, J. (2006) Influence of fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation, the Vector system and hand instruments on periodontally diseased root surfaces in vivo. *Journal of Clinical Periodontology* **33**, 200-208.

Schwarz, F., Aoki, A., Becker, J., Sculean, A. (2008) Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **35**(8 Suppl), S29-S44.

Schwarz, F., Aoki, A., Sculean, A., Becker, J. (2009) The impact of laser application on periodontal and peri-implant wound healing. *Periodontology 2000* **51**, 79-108.

Sculean, A., Schwarz, F., Berakdar, M., Romanos, G.E., Arweiler, N.B., Becker, J. (2004) Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation: a pilot study. *Journal of Periodontology* **75**, 966-973.

Serrano, J., Escribano, M., Roldán, S., Martín, C., Herrera D. (2015) Efficacy of adjunctive antiplaque chemical agents in managing gingivitis: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology* **42** (Suppl. 16), S106-S138.

Sgolastra, F., Petrucci, A., Gatto, R., Monaco, A. (2012) Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science* **27**, 661-673.

Sgolastra, F., Petrucci, A., Severino, M., Graziani, F., Gatto, R., Monaco, A. (2013) Adjunctive photodynamic therapy to non-surgical treatment of chronic periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology* **40**, 514-526.

Slot, D.E., Koster, T.J., Paraskevas, S., Van der Weijden, G.A. (2008) The effect of the Vector scaler system on human teeth: a systematic review. *International Journal of Dental Hygiene* **6**, 154-165.

Slot, D.E., Kranendonk, A.A., Paraskevas, S., Van der Weijden, F. (2009) The effect of a pulsed Nd:YAG laser in non-surgical periodontal therapy. *Journal of Periodontology* **80**, 1041-1056.

Slot, D.E., Kranendonk, A.A., Van der Reijden, W.A., Van Winkelhoff, A.J., Rosema, N.A., Schulein, W.H., et al. (2011) Adjunctive effect of a water-cooled Nd:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **38**, 470-478.

Slots, J. (1977) The predominant cultivable microflora of advanced periodontitis. *Scandinavia Journal of Dental Research* **85**, 114-121.

Slots, J., Ting, M. (1999) Actinobacillus actinomycetemcomitans and Porphyromonas gingivalis in human periodontal disease: occurrence and treatment. *Periodontology* **2000** **20**, 82-121.

Socransky, S.S., Holt, S.C., Leadbetter, E.R., Tanner, A.C., Savitt, E., Hammond, B.F. (1979) Capnocytophaga: new genus of gram-negative gliding bacteria. III. Physiological characterization. *Archives of Microbiology* **122**, 29-33.

Soo, L., Leichter, J.W., Windle, J., Monteith, B., Williams, S.M., Seymour, G.J., Cullinan, M.P. (2012) A comparison of Er: YAG laser and mechanical debridement for the nonsurgical treatment of chronic periodontitis: A randomized, prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 537-545.

Soukos, N.S., Goodson, J.M. (2011) Photodynamic therapy in the control of oral biofilms. *Periodontology* **2000** **55**, 143-166.

Stoodley P, Sauer K, Davies DG, Costerton JW (2002) Biofilms as complex differentiated communities. *Annual Review of Microbiology* **56**, 187-209.

Sugaya, T., Kawanami, M., Kato, H. (2002a) Accessibility of an ultrasonic furcation tip to furcation areas of mandibular first and second molars. *Journal of the International Academy of Periodontology* **4**, 132-137

Sugaya, T., Kawanami, M., Kato, H. (2002b) Effects of debridement with an ultrasonic furcation tip in degree II furcation involvement of mandibular molars. *Journal of the International Academy of Periodontology* **4**, 138-142.

Suvan, J.E. (2005) Effectiveness of mechanical nonsurgical pocket therapy. *Periodontology* **2000** **37**, 48-71.

Takamatsu, N., Yano, K., He, T., Umeda, M., Ishikawa, I. (1999) Effect of initial periodontal therapy on the frequency of detecting Bacteroides forsythus, Porphyromonas gingivalis, and Actinobacillus actinomycetemcomitans. *Journal of Periodontology* **70**, 574-580.

Tekce, M., Ince, G., Gursoy, H., Dirikan Ipci, S., Cakar, G., Kadir, T., Yilmaz, S. (2015) Clinical and microbiological effects of probiotic lozenges in the treatment of chronic periodontitis: a 1-year follow-up study. *Journal of Clinical Periodontology* **42**, 363-372.

Teughels, W., Loozen, G., Quirynen, M. (2011) Do probiotics offer opportunities to manipulate the periodontal oral microbiota? *Journal of Clinical Periodontology* **38** (Suppl. 11), S159-S177.

Tomasi C, Schander K, Dahle'n G, Wennstro'm JL. (2006) Short-term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *Journal of Periodontology* **77**, 111-118.

Tonetti, M.S., Van Dyke, T.E. and on behalf of working group 1 of the joint EFP/ AAP workshop. (2013) Periodontitis and atherosclerotic cardiovascular disease: consensus report of the Joint EFP/AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Diseases. *Journal of Clinical Periodontology* **40** (Suppl. 14), S24-S29.

- Tunkel, J., Heinecke, A., Flemming, T. (2002) A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **29**(Suppl. 3), S72-S81.
- Van der Weijden, G.A., Timmerman, M.F. (2002) A systematic review on the clinical efficacy of subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **29** (Suppl. 3), S55-S71; discussion 90-1.
- Van Dyke, T.E. (2007) Cellular and molecular susceptibility determinants for periodontitis. *Periodontology 2000* **45**, 10-13.
- Van Dyke, T.E. (2011) Proresolving lipid mediators: potential for prevention and treatment of periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **38** (Suppl. 11), S119-S125.
- Van Dyke, T.E., van Winkelhoff, A.J. (2013) Infection and inflammatory mechanisms. *Journal of Clinical Periodontology* **40** (Suppl. 14), S1-S7.
- Vernal, R., Diaz-Guerra, E., Silva, A., Sanz, M., Garcia-Sanz, J.A. (2014a) Distinct human T-lymphocyte responses triggered by *Porphyromonas gingivalis* capsular serotypes. *Journal of Clinical Periodontology* **41**, 19-30.
- Vernal R, Díaz-Zúñiga J, Melgar-Rodríguez S et al (2014b) Activation of RANKL-induced osteoclasts and memory T lymphocytes by *Porphyromonas gingivalis* is serotype dependant. *Journal of Clinical Periodontology* **41**, 451-459.
- von Troil-Linden, B., Alaluusua, S., Wolf, J., Jousimies-Somer, H., Torppa, J., Asikainen, J. (1997) Periodontitis patient and the spouse: periodontal bacteria before and after treatment. *Journal of Clinical Periodontology* **24**, 893-899.
- Waerhaug, J. (1978) Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II: As observed on extracted teeth. *Journal of Periodontology* **49**, 119-134.
- Walmsley, A.D., Lea, S.C., Landini, G., Moses, A.J. (2008) Advances in power driven pocket/root instrumentation. *Journal of Clinical Periodontology* **35**(Suppl. 8), S22-S28.
- Wennström, J.L., Tomasi, C., Bertelle, A., Dellasega, E. (2005) Full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant scaling and root planing as an initial approach in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 851-859.
- Wennstrom, J.L., Dahlen, G., Ramberg, P. (2011) Subgingival debridement of periodontal pockets by air polishing in comparison with ultrasonic instrumentation during maintenance therapy. *Journal of Clinical Periodontology* **38**, 820-827.
- Yamaguchi, H., Kobayashi, K., Osada, R. et al (1997) Effects of irradiation of an erbium:YAG laser on root surfaces. *Journal of Periodontology* **68**, 1151-1155.
- Yilmaz, S., Kut, B., Gursoy, H., Eren-Kuru, B., Noyan, U., Kadir, T. (2012) Er:YAG laser versus systemic metronidazole as an adjunct to nonsurgical periodontal therapy: a clinical and microbiological study. *Photomedicine and Laser Surgery* **30**, 325-330.
- Yilmaz, S., Algan, S., Gursoy, H., Noyan, U., Kuru, B.E., Kadir, T. (2013) Evaluation of the clinical and antimicrobial effects of the Er:YAG laser or topical gaseous ozone as adjuncts to initial periodontal therapy. *Photomedicine and Laser Surgery* **31**, 293-298.

Yoshinari, N., Kawase, H., Mitani, A., Ito, M., Sugiishi, S., Matsuoka, M., Shirozu, N., Ishihara, Y., Bito, B., Hiraga, M., Arakawa, K., Noguchi, T. (2004) Effects of scaling and root planing on the amounts of interleukin-1 and interleukin-1 receptor antagonist and the mRNA expression of interleukin-1b in gingival crevicular fluid and gingival tissues. *Journal of Periodontal Research* **39**, 158–167.

Zhao, Y., Yin, Y., Tao, L., Nie, P., Tang, Y., Zhu, M. (2014) Er:YAG laser versus scaling and root planning as alternative or adjuvant for chronic periodontitis treatment: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **41**, 1069-1079.

Zijnga, V., Meijer, H.F., Lie, M.A., Tromp, J.A.H., Degener, J.E., Harmsen, H.J.M., et al. (2010) The recolonization hypothesis in a full-mouth or multiple-session treatment protocol: a blinded, randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology* **37**, 518-525.

X. FIGURAS Y TABLAS

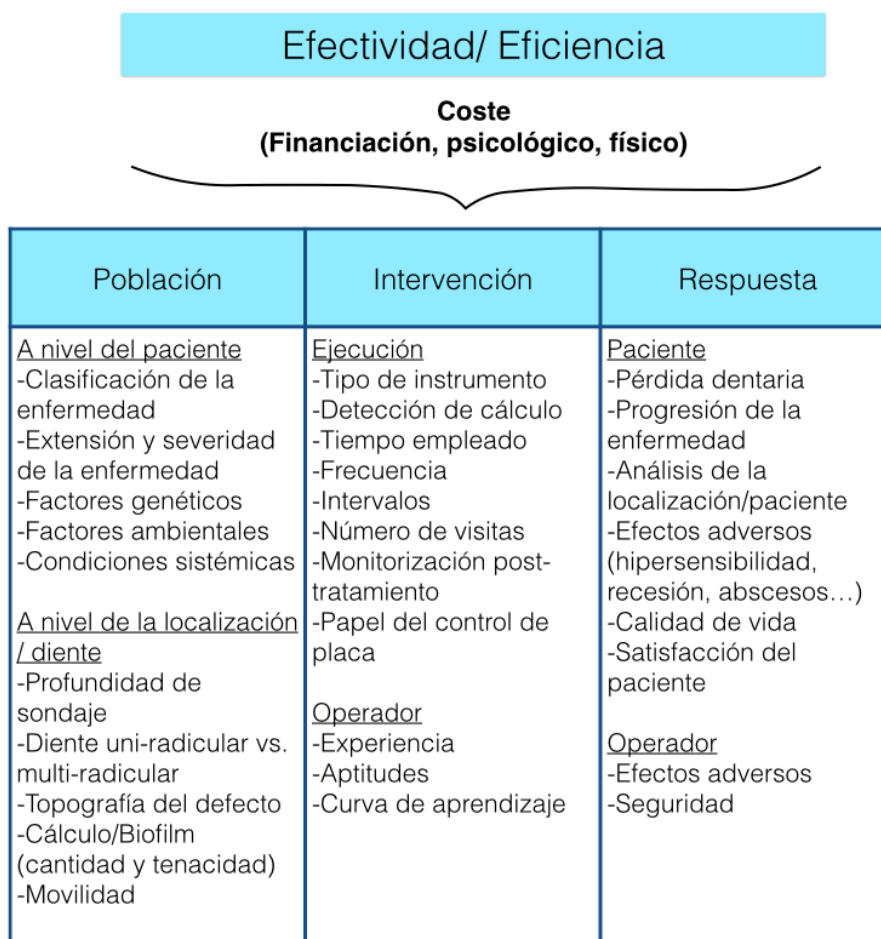
Figura 1: Puntos a tener en cuenta al evaluar la efectividad/eficiencia de un determinado tratamiento.

Figura 2: Láser de Er:YAG con sistema “feedback” de detección de cálculo (Kavo Key Laser III).



Figura 3: Inserción de la punta de zafiro que transmite la luz del láser de Er:YAG dentro de la bolsa periodontal.



Figura 4: Pieza de mano del láser de Er:YAG para realizar el tratamiento periodontal y puntas de zafiro de distintos grosores y tamaños.

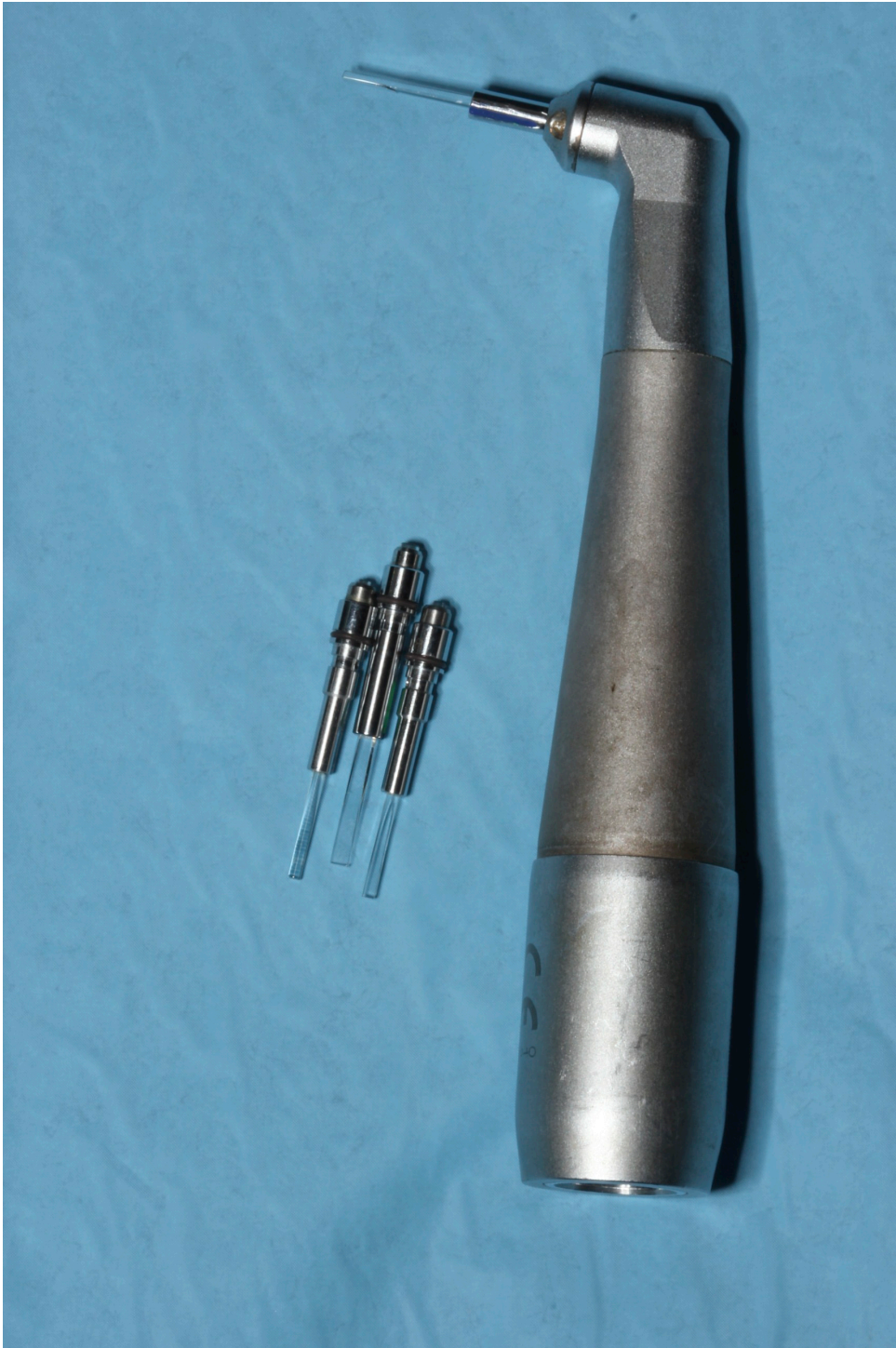


Tabla 1: Principales hallazgos clínicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG como coadyuvante en el tratamiento periodontal no quirúrgico.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Tº | Hallazgos Clínicos |
|---------------|-------------------------|--|--|------|--|
| Yilmaz 2013 | ECA-paralelo (n=30) | T1:RAR+Er:YAG T2:RAR+Ozono (50mJ/20Hz) | RAR | 3 m | (Δ PS) T1:1,4; T2:1,1; C:1,0 (Δ NIC) T1:1,1; T2:0,8; C:0,8 (Δ ISS) T1:-2,7; T2:-2,2; C:-2,4 (Δ IP) T1:-0,9; T2:-1,0; C:-1,0 (0-3) |
| Yilmaz 2012 | ECA-paralelo (n=27) | T1:RAR+Er:YAG T2:RAR+Metronidazol sistémico (30mJ/10Hz) | RAR | 3 m | (Δ PS) T1:0,8; T2:0,6; C:0,5 (Δ NIC) T1:0,7; T2:0,4; C:0,3 (Δ IG) T1:-1,1; T2:-1,0; C:-1,0 (0-3) (Δ IP) T1:-1,1; T2:-1,1; C:-1,0 (0-3) |
| Lopes 2010 | ECA-boca partida (n=19) | T1:RAR+Er:YAG T2:Er:YAG (100mJ/10Hz) | C1: RAR (curetas) C2: No tratamiento. | 12 m | (Δ PS) T1:2,2; T2:1,6; C1:2,3; C2:-0,4 (Δ NIC) T1:1,1; T2:0,7; C1:1,4; C2:-0,1 (Δ SaS) T1:-68; T2:-62; C1:-68; C2:-38 (Δ IP) T1:-23; T2:-20; C1:-22; C2:-20 |
| Rotundo 2010 | ECA-boca partida (n=27) | T1:RAR+Er:YAG T2:Er:YAG (150mJ/10Hz) | C1: RAR (curetas+US) C2: Profilaxis supragingival | 6 m | (Δ PS) T1:1,2; T2:0,7; C1:1,0; C2:0,7 (Δ NIC) T1:0,5; T2:0,2; C1:0,5; C2:0,1 (Δ SaS) T1:-18; T2:-17; C1:-16; C2:-10 (Δ IP) T1:-16; T2:-24; C1:-20; C2:-22 |
| Schwarz 2003b | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG +RAR (curetas) (160mJ/10Hz) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | 12 m | (Δ PS) T:1,6; C:1,3 (Δ NIC) T:1,4; C:0,7 (Δ SaS) T:-36; C:-24 (Δ IP) T:0,3; C:0,2 (0-3) |

Tº: Tiempo de seguimiento.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control; T1: Test 1; T2: Test 2; C1: Control 1; C2: Control 2.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Δ PS: reducción de la profundidad de sondaje;

Δ NIC: ganancia de inserción;

Δ SaS: cambios en el sangrado al sondaje (%);

Δ IP: cambios en la placa (% salvo cuando se indica 1-3);

Δ IG: reducción del índice gingival;

Δ ISS: cambios en el índice de sangrado del surco.

Tabla 2: Principales hallazgos clínicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG como monoterapia en el tratamiento periodontal no quirúrgico.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Tº | Hallazgos Clínicos |
|---------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------|--|
| Schwarz 2003a | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | RAR (curetas) | 24 m | (Δ PS) T:2,0; C:1,7 (Δ NIC) T:1,6; C:1,6 (Δ SaS) T:-44; C:-45 (Δ IP) T:0,3; C:0,2 (0-3) |
| Crespi 2007 | ECA-boca partida (n=25) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | RAR (US) | 24 m | (Δ PS) (5-6mm) T:2,8; C:1,0 (Δ PS) (≥7mm) T:4,8; C:2,2 (Δ NIC) (5-6mm) T:2,9; C:1,3 (Δ NIC) (≥7mm) T:5,0; C:2,0 (Δ IG) T:-0,66; C:-0,74 (0-3) (Δ IP) T:-0,24; C:-0,23 (0-3) |
| Badran 2012 | ECA-boca partida (n=19) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | RAR (curetas) | 2 m | (Δ PS) T:1,5; C:1,4 (Δ NIC) T:1,3; C:1,1 (Δ SaS) T:-12; C:-9 |
| Sculean 2004 | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG (160mJ/10Hz) + Feedback | RAR (US) | 6 m | (Δ PS) T:1,5; C:1,5 (Δ NIC) T:1,1; C:1,1 (Δ SaS) T:-23; C:-31 (Δ IP) T:-0,02; C:0,0 (0-3) |
| Malali 2012 | ECA-paralelo (n=30) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | C1:RAR (US) C2: RAR (Curetas) | 3 m | (Δ PS) T:1,6; C1:1,3; C2: 1,6 (Δ PS) (4-6mm) T:2,0; C1:1,9; C2:2,3 (Δ PS) (≥7mm) T:4,3; C1:3,7; C2:4,0 (Δ NIC) T:1,0; C1:0,8; C2:0,9 (Δ NIC) (4-6mm) T:1,2; C1:1,3; C2:1,2 (Δ NIC) (≥7mm) T:2,7; C1:2,3; C2:2,7 (Δ IG) T:-1,6; C1:-1,6; C2: -1,7 (0-3) (Δ IP) T:-1,7; C1:-1,5; C2: -1,8 (0-3) |
| Soo 2012 | ECA-boca partida (n=28) | Er:YAG (160mJ/10Hz) + Feedback | RAR (US+curetas) | 3 m | (Δ PS) T:0,4; C:0,6 (Δ NIC) T:0,1; C:0,3 (Δ SaS) T:-29; C:-35 (Δ IP) T:-8,3; C:-9,2 |

Tº: Tiempo de seguimiento.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control; C1: Control 1; C2: Control 2.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Δ PS: reducción de la profundidad de sondaje;

Δ NIC: ganancia de inserción;

Δ SaS: cambios en el sangrado al sondaje (%);

Δ IP: cambios en la placa (% salvo cuando se indica 1-3);

Δ IG: reducción del índice gingival;

Δ ISS: cambios en el índice de sangrado del surco.

Tabla 3: Principales hallazgos clínicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG en el tratamiento de bolsas residuales durante el mantenimiento periodontal.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Tº | Hallazgos Clínicos |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------|---|
| Tomasi 2006 | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG (160mJ/10Hz)+ Feedback | RAR (US) | 4 m | (Δ PS) T:1,1; C:1,0 (Δ NIC) T:0,6; C:0,4 (Δ SaS) T:-50; C:-52 (Δ IP) T:9; C:3 |
| Braun 2010 | ECA-boca partida (n=40) | Er:YAG (120mJ/10Hz) | RAR (Sónico) | 3 m | (VAS dolor) T:0,7; C:2,1 (Δ SaS) T:-36; C:-33 |
| Ratka-Kruger 2012 | ECA-boca partida (n=78) | Er:YAG (120mJ/10Hz) | RAR (Sónico) | 6,5 m | Δ PS) T:1,2; C:1,2 (Δ NIC) T:0,8; C:0,8 (Δ SaS) T:-33; C:-24 (Δ IP) T:-1; C:3,8 |
| Krohn-Dale 2012 | ECA-boca partida (n=15) | Er:YAG (160mJ/10Hz) Cada 3 meses | RAR (US+curetas) Cada 3 meses | 12 m | Δ PS) T:1,9; C:1,4 (Δ NIC) T:0,0; C:0,2 (Δ SaS) T:-14; C:-4 (Δ IP) T:-7; C:-23 |

Tº: Tiempo de seguimiento.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Δ PS: reducción de la profundidad de sondaje;

Δ NIC: ganancia de inserción;

Δ SaS: cambios en el sangrado al sondaje (%);

Δ IP: cambios en la placa (% salvo cuando se indica 1-3);

Δ IG: reducción del índice gingival;

Δ ISS: cambios en el índice de sangrado del surco.

Tabla 4: Principales hallazgos microbiológicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG como monoterapia en el tratamiento periodontal no quirúrgico.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Micro Técnica <i>Variables</i> | Tº | Principales hallazgos microbiológicos |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|---|---|-----------------|--|
| Schwarz 2003a | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | RAR (curetas) | Campo oscuro <i>Cocos, espiroq., estirpes no/móviles</i> | 24 m (6m-micro) | <u>3 meses:</u> < estirpes móviles y espiroq. (T,C) > cocos y estirpes no móviles (T,C) <u>6 meses:</u> > estirpes móviles y espiroq. (T,C) < cocos y estirpes no móviles (T,C) |
| Malali 2012 | ECA-paralelo (n=30) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | C1: RAR (US) C2: RAR (curetas) | Contraste de fase <i>% bacterias y leucocitos</i> | 3 m | <u>7 días, 3 meses:</u> < estirpes móviles, espiroq. y leucocitos (T,C1,C2) > cocos y estirpes no móviles (T,C1;C2) <u>Cambios entre 7 días, 3 meses:</u> < aumento de leucocitos (C2) < aumento de espiroq. en bolsas profundas (C2) |
| Derdilopoulou 2007 | ECA-boca partida (n=72) | Er:YAG (160mJ/10Hz) + Feedback | C1: RAR (US) C2: RAR (curetas) C3: RAR (sónico) | PCR semi-cuantitativa <i>Aa, Pg, Pi, Td, Tf</i> | 6 m | <u>3 meses:</u> < Pg, Pi, Tf, Td (T, C1, C2, C3) Sin reducción en Aa (T, C3) <u>6 meses:</u> < Pg (T, C1), Pi (C3), Tf (C3), Td (T, C1, C3) |

Tº: Tiempo de seguimiento; m: meses.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control; C1: Control 1; C2: Control 2; C3: Control 3.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Aa: Aggregatibacter actinomycetemcomitans;

Pg: Porphyromonas gingivalis;

Pi: Prevotella intermedia;

Pn: Prevotella nigrescens;

Tf: Tannerella forsythia;

espiroq: espiroquetas;

Td: Treponema denticola;

UFC: unidades formadoras de colonias.

DES: diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5: Principales hallazgos microbiológicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG como coadyuvante en el tratamiento periodontal no quirúrgico.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Micro Técnica <i>Variables</i> | Tº | Principales hallazgos microbiológicos |
|---------------|-------------------------|--|---|---|------|---|
| Yilmaz 2013 | ECA-paralelo (n=30) | T1:RAR+Er:YAG T2:RAR+ Ozono (50mJ/20Hz) | RAR | Cultivo <i>UFC y % de anaerobios estrictos</i> | 3 m | Reducciones significativas en todos los grupos de las UFC y del % de anaerobios, pero sin DES entre grupos |
| Yilmaz 2012 | ECA-paralelo (n=27) | T1:RAR+Er:YAG T2:RAR+Metronidazol sistémico (30mJ/10Hz) | RAR | Cultivo <i>UFC y % de anaerobios estrictos</i> | 3 m | Reducciones significativas en todos los grupos de las UFC y del % de anaerobios, pero sin DES entre grupos |
| Lopes 2010 | ECA-boca partida (n=19) | T1:RAR+Er:YAG T2:Er:YAG (100mJ/10Hz) | C1: RAR (curetas) C2: No tratamiento | PCR <i>Muestra + Aa, Pg, Pi, Pn, Tf</i> | 12 m | <u>12 días:</u> < Aa, Pg, Pn, Tf (T1 y T2) < Aa, Tf (C1) <u>12 meses:</u> < Aa, Pg, Pi, Pn, Tf (T1) < Aa, Pg (T2) |
| Schwarz 2003b | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG +RAR (curetas) (160mJ/10Hz) | Er:YAG (160mJ/10Hz) | Campo oscuro <i>Cocos, espiroq., estirpes no/móviles</i> | 12 m | <u>3 meses:</u> < estirpes móviles y espiroq. (T,C) > cocos y estirpes no móviles (T,C) <u>12 meses:</u> > estirpes móviles y espiroq. (T,C) < cocos y estirpes no móviles (T,C) |

Tº: Tiempo de seguimiento; m: meses.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control; T1: Test 1; T2: Test 2; C1: Control 1; C2: Control 2.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Aa: Aggregatibacter actinomycetemcomitans;

Pg: Porphyromonas gingivalis;

Pi: Prevotella intermedia;

Pn: Prevotella nigrescens;

Tf: Tannerella forsythia;

espiroq: espiroquetas;

Td: Treponema denticola;

UFC: unidades formadoras de colonias.

DES: diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6: Principales hallazgos microbiológicos de los estudios que han empleado el láser de Er:YAG en el tratamiento de bolsas residuales durante el mantenimiento periodontal.

| Autor, año | Diseño, tamaño muestral | Tratamiento del grupo test | Tratamiento del grupo control | Micro Técnica <i>Variables</i> | Tº | Principales hallazgos microbiológicos |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------|--|
| Tomasi 2006 | ECA-boca partida (n=20) | Er:YAG (160mJ/ 10Hz) + Feedback | RAR (US) | DNA-DNA checkerboard <i>12 especies</i> <i>Escala de 0 a 5</i> | 4 m (1 m-micro) | <u>2 días:</u> < de todas las especies (sin DES entre T y C) < complejo rojo y naranja (Socransky) (T y C) <u>1 mes:</u> < de todas las especies (sin DES entre T y C) Tendencia al > complejo rojo (Socransky) (T y C) |
| Ratka-Kruger 2012 | ECA-boca partida (n=78) | Er:YAG (120mJ/ 10Hz) | RAR (Sónico) | Sondas DNA <i>11 especies</i> <i>Transformación a UFC</i> | 6,5 m | Sin cambios en las bacterias ni a las 13 ni a las 26 semanas Sin DES entre T y C |
| Krohn-Dale 2012 | ECA-boca partida (n=15) | Er:YAG (160mJ/ 10Hz) Cada 3 meses | RAR (US+ curetas) Cada 3 meses | DNA-DNA checkerboard <i>8 especies</i> | 12 m | < en bacterias totales a los 6 y 12 m sólo en C, pero sin DES entre T y C < Pg a los 6 m (T y C) y a los 12 m (T); < Tf a los 6 y 12 m (T); < Aa a los 6 m (C) |

Tº: Tiempo de seguimiento; m: meses.

ECA: Ensayo clínico aleatorizado.

T: Test; C: Control.

RAR: Raspado y alisado radicular.

mJ: mili-julios; Hz: Hercios; US: Ultrasonidos.

Aa: *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*;

Pg: *Porphyromonas gingivalis*;

Pi: *Prevotella intermedia*;

Pn: *Prevotella nigrescens*;

Tf: *Tannerella forsythia*;

espiroq: espiroquetas;

Td: *Treponema denticola*;

UFC: unidades formadoras de colonias.

DES: diferencias estadísticamente significativas.

XI. ANEXO: RESUMEN EN INGLÉS

ABSTRACT

Title: Adjunctive use of Er:YAG laser in the non-surgical treatment of chronic periodontitis

Introduction

Periodontitis are chronic inflammatory diseases, infectious in nature, caused by a complex polymicrobial microbiota, resulting in periodontal tissue destruction in susceptible individuals. Even though the tissue destruction is mainly caused by the host response against the bacterial aggression, the current treatment of periodontitis is aimed to reduce the subgingival biofilm for re-establishing a health-associated host-biofilm homeostasis.

The standard mode of mechanical debridement, scaling and root planing (SRP) is rendered with the use of curettes, scalers or ultrasonic instruments, which remove the subgingival biofilm and dislodge calculus from the affected roots. The efficacy of this therapy has been evaluated in various systematic reviews reporting significant reductions in probing pocket depth (PPD) and gingival inflammation (bleeding on probing, BOP), irrespectively of the instruments used.

The microbiological impact of SRP has been showed to be limited in time. It is able to reduce the mean counts, frequency of detection and proportions of the pathogenic target species, but recolonization starts soon from other oral niches. This is one of the reasons why it is crucial to prevent the new biofilm formation by means of self-performed oral hygiene and supportive periodontal therapy.

Nevertheless, SRP is subjected to some limitations in its capacity to remove completely the subgingival biofilm, especially in the more advanced stages of disease and in areas with difficulties for access. In this sense, the conventional mode of therapy can be performed differently in order to improve the clinical, microbiological and patient-related outcomes. This can be done by modifying the available instruments (curettes and automatic instruments), by performing SRP with different strategies and protocols, by using adjunctive therapies or by developing new technologies for subgingival debridement.

Among the new technologies, lasers have been used in Periodontics for different purposes, especially the Er:YAG laser, which has the capacity to remove subgingival biofilm and

calculus without damaging the root surface. Its efficacy has been studied in several clinical trials and systematic reviews, which have confirmed that it can be a predictable alternative to SRP as mono-therapy or as adjunctive to SRP. Whereas most of the previous studies using the laser as an adjunct have treated the infected sites the same day as SRP, our research group has proposed to use it only in initial pockets with PPD $\geq 4,5$ mm, where SRP has more challenges and one week later, with less bleeding inside the pocket and, therefor, improving its optical properties.

The limitations of the available information on the efficacy of the new technologies for performing SRP and the existing controversy of the use of different lasers in Periodontics, justify this research.

Objectives

The objectives of this research were to analyse and update the relevant information on the non-surgical treatment of periodontitis (Study 1) and, more specifically to focus on the use of lasers. Also, we wanted to test a new protocol with the adjunctive use of Er:YAG laser from the clinical (Study 2) and microbiological (Study 3) points of view.

Material & Methods. Results

Study 1. The first target was met by reviewing randomised clinical trials published between 2010 and 2012. The narrative review aimed to analyse the scientific evidence in the advances in the non-surgical periodontal therapy in terms of modifications of standard therapies (such as enhancement of instrument tip designs), on development of new technologies (such as lasers), or development of alternative treatment protocols (e.g., full-mouth disinfection). The literature search found 25 publications: four were related to modifications of standard therapies (new tip designs and local anaesthetics), 17 to new technologies (new ultrasonic devices, air abrasive systems, endoscope and lasers), and four to new treatment protocols. The main finding of the review was that non-surgical periodontal therapy is efficacious for patients with periodontitis, irrespective of the instrument used or the treatment protocol performed. Many new technologies are available in the market and most have not been properly tested in clinical research, but overall, most of them have demonstrated similar clinical outcomes to conventional SRP, with either curettes or power-driven instruments. All these new protocols and technologies, however, have shown improved patient-related outcomes and, in some, improved cost-effectiveness.

The field of new technologies represents the most popular area for research and, among it, lasers are the devices that are being more investigated for the treatment of periodontitis. Lasers can be used with four different purposes in the non-surgical treatment of periodontitis depending on the type of laser: low level power, photodynamic therapy, soft tissue ablation and hard tissue ablation. As the main goal of periodontal therapy is to effectively remove dental biofilm and calculus, the lasers that can achieve this objective are the ones that can ablate hard tissue, represented by the Erbium lasers. The others can be use as adjuncts to a different way of debriding the root surface, but cannot be considered as an alternative to SRP.

Among the Erbium lasers, the Er:YAG is the one that has been more investigated in the treatment of periodontitis, both as mono-therapy or as adjunctive to conventional SRP. It is well documented that it can effectively debride the root surface without damaging it. The evidence shows that this type of laser can be an alternative to conventional SRP, with some advantages, regarding patient-related outcomes, and disadvantages, as the cost-effectiveness or treatment time needed.

Study 2. The second paper analysed the clinical efficacy, after one year, of a protocol of subgingival debridement combining a full mouth ultrasonic instrumentation plus the use of the Er:YAG laser, one week later, in initial pockets with $PPD \geq 4,5$ mm, in comparison to a conventional ultrasonic instrumentation rendered in one week. The results of this randomised clinical trial showed that both treatments resulted in significant clinical improvements. The test group achieved, in comparison with the control group, a significantly lower percentage of sites with $PPD \geq 4,5$ mm (17,44% versus 22,83%, respectively; $p = 0,004$) and a tendency for a lower percentage of sites with $PPD \geq 4,5$ mm and BOP (open pockets) (9,78% versus 12,69%, respectively; $P = 0,052$).

Study 2. The third paper evaluated if the possible added value obtained clinically in the trial could be due to a better microbiological result. Microbiological samples were analysed, by means of culture, and different outcome variables were calculated, including total counts of anaerobic bacteria, and frequency of detection, proportions and counts of target species. The results showed that minor changes were observed for total colony forming units, with no differences between groups. For the frequency of detection, a limited and similar impact in both groups was observed for the most prevalent (over 80% of frequency of detection) periodontal pathogens. For proportions, reductions in *P. gingivalis* occurred at 3 months, both in the test and control groups (from 16,3% to 10% and 16% to 14.8%, respectively), although these differences were not statistically

significant. At 12 months, the test group showed a statistically significant greater reduction in probing depth for the sampled sites.

Conclusions

The update on the scientific evidence shows that the field of lasers is the most productive in the evaluation of non-surgical treatment of periodontitis, above the modifications of conventional instruments, new treatment strategies or other technological advances.

A new treatment protocol, combining a full mouth ultrasonic debridement and the Er:YAG laser, showed a clinical added benefit, compared to conventional treatment ,in terms of a higher reduction of moderate/deep pockets and a tendency to decrease “open” pockets.

The adjunctive used of Er:YAG laser with this new treatment protocol did not provide a microbiological added value compared to conventional treatment.